

Manual de cultivo del tomate bajo invernadero

Editora: Andrea Torres P.

Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias

BOLETÍN INIA / N° 12

ISSN 0717 - 4829

INDAP
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

Coordinadores responsables:
Marcelo Zolezzi V., Ing. Agrónomo. M. Sc.
Coordinador del Programa Nacional de Transferencia Tecnológica y Extensión

Patricio Abarca R., Ing. Agrónomo. M. Sc.
Encargado regional convenio INIA - INDAP, Región de O'Higgins

Editora:
Andrea Torres P.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Autores:

Marjorie Allende C.
Ing. Agrónomo / INIA Ururi

Luis Salinas P.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Fernando Rodríguez A.
Biólogo, Mg. / INIA La Cruz

Natalia Olivares P.
Ing. Agrónomo, Mg. / INIA La Cruz

Jorge Riquelme S.
Ing. Agrónomo, Dr. / INIA Raihuén

Alejandro Antúnez B.
Ing. Agrónomo, Dr. / INIA La Platina

Juan Pablo Martínez C.
Ing. Agrónomo, Dr. / INIA La Cruz

Fabio Corradini S.
Ing. Agrónomo, Mg. / INIA La Platina

Paulina Sepúlveda R.
Ing. Agrónomo, M. Sc.

Patricio Abarca R.
Ing. Agrónomo. M. Sc. / INIA Rayentué

Alejandra Guzmán L.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Sofía Felmer E.
Ing. Agrónomo / INIA Rayentué

Comité editorial:
Ernesto Cisternas A.
Ing. Agrónomo. Dr. / INIA La Cruz

Andrea Romero G.
Periodista / INIA Dirección Nacional

Andrea Torres P.
Ing. Agrónomo / INIA La Cruz

Eliana San Martín C.
Periodista / INIA La Cruz

Diseño y diagramación:
Carola Esquivel
Ricardo Del Río

Boletín INIA Nº 12
ISSN 0717 - 4829

Este documento fue desarrollado en el marco del convenio de colaboración y transferencia entre el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para la ejecución de un programa de apoyo y fortalecimiento de técnicos expertos, recopilando información, antecedentes técnicos y económicos del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

Fidel Oteíza 1956, Piso 11, Providencia, Santiago. Teléfono: +56-2 25771000

Santiago, Chile, 2017.



Manual de cultivo del tomate bajo invernadero

Editora:
Andrea Torres P.
Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

Boletín INIA / N° 12
INIA – INDAP, Santiago 2017

ISSN 0717 - 4829



ÍNDICE

PRÓLOGO

Este documento se desarrolla en el marco del convenio de colaboración y transferencia de recursos entre el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para la ejecución de un programa de apoyo y fortalecimiento de técnicos expertos, recopilando información, antecedentes técnicos y económicos del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

Este manual tiene la misión de entregar a los extensionistas y agricultores, información útil en base a conceptos, experiencias y sugerencias prácticas que sirvan para el buen manejo del cultivo del tomate en invernadero, especialmente en huertos de pequeños y medianos agricultores que buscan el equilibrio económico y productivo. En ningún caso se pretende imponer una técnica o un concepto de manejo, más bien, una guía que permita a técnicos y agricultores, elaborar propuestas conjuntas que se ajusten a la realidad predial, con una visión rentable y sustentable, tanto económica como ambientalmente.

Este documento está compuesto por varios capítulos, conforme a los manejos más relevantes e importantes del proceso productivo de este cultivo, esperando que sea de utilidad como manual práctico, medio de información y documento de consulta, para enfrentar las diferentes temáticas del tomate.

CAPÍTULO 1.

IMPORTANCIA Y CONSIDERACIONES DEL CULTIVO DE TOMATE

Marjorie Allende C.
Ing. Agrónomo
INIA Ururi

1.1. Introducción

El tomate *Solanumlycopersicum* (o su denominación anterior *Lycopersicumesculentum*Mill., que aún es ampliamente utilizada), pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cosmopolita, cultivada para consumo fresco e industrializado.

Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate constituye uno de los rubros de mayor dinamismo. De la familia de las Solanáceas, es una planta herbácea cuyo hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y, sobre esta base, ser cultivada de diversas formas y la cosecha ser planificada según objetivo, pudiendo encontrar producciones destinadas a procesos industriales o a consumo fresco, siendo esta última la de mayor diversificación productiva, debido a que el tomate puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo en esas épocas, especialmente en aquellos cultivos establecidos al aire libre.

Por esta razón, la incorporación de nuevas tecnologías cobra cada día mayor importancia. Es así como en la actualidad el cultivo de tomate se visualiza bajo sistemas productivos diversos, como por ejemplo, bajo plástico de polietileno o bajo malla antiáfido, acompañado de gran variedad de portainjertos según requerimiento (tolerancia a sales, nemátodos, gran vigor, internudos cortos, entre otros). De esta forma se mantiene la oferta durante todo año con altas producciones. No obstante, para lograr el éxito del productor es imprescindible disponer de la información del mercado de manera de ajustar fecha de siembra según ventanas de oferta.

1.2. Importancia económica del tomate

Estimaciones de la FAO indican que el tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, siendo el consumo fresco e industria los dos principales destinos de producción, alcanzando en 2013; 4,7 millones de hectáreas (ha) y una producción de 164 millones de toneladas (t).

En Chile, el tomate es una de las principales hortalizas cultivadas en términos de superficie y producción, ocupando el 40to lugar en superficie mundial, con 13.864 ha, y el lugar 24to en producción, con 872.485 toneladas, cuyo rendimiento promedio (63 t/ha) supera a países como China, Italia, México, Brasil, entre otros. Ver Cuadro 1.1.

A nivel nacional, el cultivo de tomate presenta una alta rentabilidad, lo que ha permitido que experimente hace más de una década un sostenido desarrollo, incorporando tecnologías importadas desde países donde el cultivo de tomate es tradición y vanguardia (mediterráneo). No obstante, hoy la estrechez de mercado sumado a los altos volúmenes de comercialización, especialmente la introducción del cultivo en invernaderos para consumo fresco, colocan al rubro en un nivel altamente competitivo, forzando a los agricultores a manejar costos y a aumentar la búsqueda de mercados externos para mantener la rentabilidad.

País	Superficie (miles ha)	Volumen (miles t)
China	986	48.577
India	865	16.826
Estados Unidos	149	12.625
Turquía	270	11.003
Egipto	212	8.105
Irán	184	6.824
Italia	104	5.950
Brasil	71	4.417
España	50	3.821
Uzbekistán	58	2.585
México	85	2.436
Rusia	117	2.201

Ucrania	86	2.112
Otros países	1.497	31.542
Total	**4.734**	**159.023**
*Incluye tomate para consumo fresco e industrial.		

Cuadro 1.1. Superficie y volumen de tomate producido por país en el 2011*.

1.3. Superficie nacional de tomate

En Chile, el tomate para consumo fresco ocupa el tercer lugar de los cultivos hortícolas con mayor superficie; sólo lo antecede el maíz para consumo fresco (choclo) y la lechuga. En la Figura 1.1 se grafica la evolución que ha experimentado la superficie de tomate para consumo fresco entre los años 2009 y 2014, en que la superficie se ha mantenido sin grandes variaciones entre 4.902 y 5.463 hectáreas, lo cual representa solo un 10,3%.

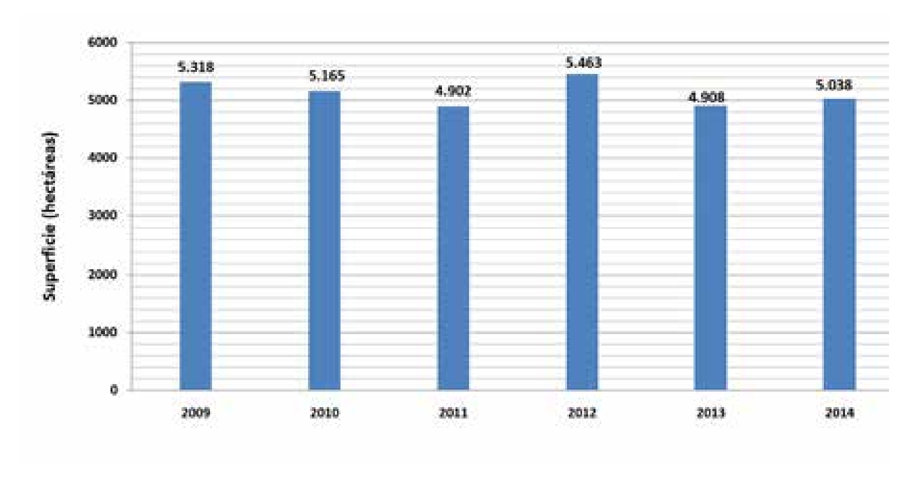


Figura 1.1. Evolución de la superficie de tomate para consumo fresco.

El cultivo de tomate a lo largo del país tiene ciclos productivos distintos según la época de siembra estacional durante el año, diferenciándose el tomate de invierno de Arica con el tomate de verano de Talca u otra localidad. Por esta razón, debiera existir una comparación de la superficie entre ciclos por separado. La combinación de estos ciclos por la distribución geográfica del cultivo, hacen posible una oferta continua de tomate para consumo fresco durante todo el año, consolidando el abastecimiento del mercado por la incorporación de innovacionestecnológicas, como sistemas de cultivo protegidos (malla antiáfido, plástico y mixtos), nuevas variedades, portainjertos, entre otros.

El 69% de la superficie nacional de tomate para consumo fresco se concentra entre las regiones de Valparaíso y del Maule, siendo la de O'Higgins la de mayor superficie con 973 hectáreas (19%), seguida de la Región de Valparaíso, con 876 ha (17%) y del Maule, con 869 ha (17%) y la Región Metropolitana con 756 hectáreas (15%), como indica la Figura 1.2.

La producción de tomate para uso agroindustrial, en tanto, está concentrada geográficamente en las regiones de O´Higgins y del Maule, donde se encuentra el área de influencia de las plantas procesadoras de pulpa concentrada. Esta producción presenta un período de cosecha más definido debido al uso de variedades de hábito determinado.

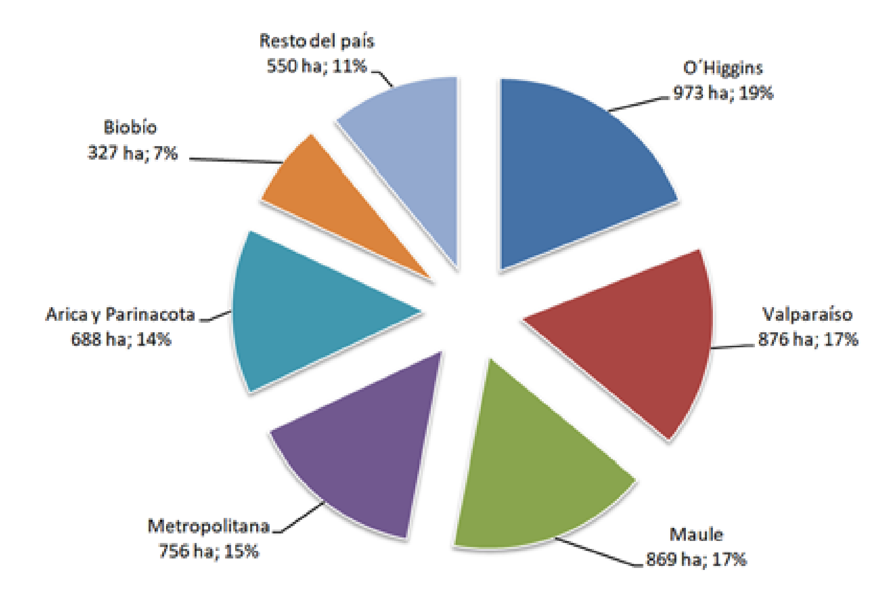


Figura 1.2. Superficie plantada con tomate para consumo fresco, 2014.

Se estima que del total de la superficie de tomate destinada a consumo fresco (6.000 ha), un 20% corresponde al cultivo bajo invernaderos, lo que supera las 1.000 ha bajo este tipo de producción, sin hacer distinción entre plástico (polietileno) y malla antiáfido. Este último sistema es el más usado en la Región de Arica y Parinacota para enfrentar la alta presión de plagas.

1.4. Generalidades del cultivo

El tomate es una hortaliza que presenta una alta diversidad genética, existiendo innumerables variedades con distinto aspecto, color y sabor, además de una demanda que aumenta continuamente y, con ella su producción y comercialización. No obstante, este incremento de la producción obedece más bien a un mayor rendimiento que a un crecimiento en la superficie cultivada.

Estos rendimientos superiores a su vez, son producto de la incorporación de altas tecnologías de cultivo, que permiten el manejo de los factores ambientales (climáticos) y recursos naturales (agua, suelo, fertilizantes) conjuntamente al manejo y prácticas adecuadas del cultivo. Esto permite la oferta de tomate durante todo el año. En el Cuadro 1.2, se presenta detalladamente la estacionalidad del cultivo.

Zonas productivas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Valle Azapa (aire libre- malla)					■	■	■	■	■	■	■	
Copiapó (invernadero)								■	■	■		
Copiapó (parrón aire libre)			■	■	■							
Ovalle (aire libre)			■	■	■							
Ovalle (invernadero)					■	■				■	■	
Limache - Quillota (invernadero)					■	■				■	■	■
Limache-Quillota (parrón)		■	■	■								
Talca (invernadero)											■	■
Talca- Curicó (aire libre)	■	■										
Pichidegua (S. Vicente)(invernadero)										■	■	■
Pichidegua (S. Vicente)(aire libre)	■	■	■	■								■
Rengo y Quinta de Tilcoco (aire libre)	■	■	■	■								

Cuadro 1.2. Estacionalidad de tomate para consumo fresco en Chile.

La Región de Arica y Parinacota desempeña un rol de abastecedor invernal en Chile, ya que el tomate que se consume en el país entre junio y octubre, proviene en un alto porcentaje de esta región. A fines de noviembre aparecen los primeros tomates de la zona central (regiones Metropolitana, O'Higgins y del Maule), producción que finaliza a principios de abril, considerado como una estacionalidad normal.

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se clasifican en dos grupos: las variedades de crecimiento determinado, cuyos tallos terminan en un ramillete floral que marca el punto donde se termina el crecimiento, y las variedades de crecimiento indeterminado, que son aquellas de hábito guiador, cuyo

ápice ubicado en la parte extrema del tallo, sigue creciendo indefinidamente. Estas últimas son las más utilizadas comercialmente y en las cuales es posible encontrar rendimientos que superan las 200 t/ha bajo condiciones desfavorables, como los cultivos establecidos en laderas de cerros con escasez hídrica y alta concentración de sales en los valles de Azapa y Lluta, en el extremo norte del país.

El uso de cubiertas de protección es una tecnología ampliamente difundida. La malla antiáfido en el norte es un sistema de exclusión de plagas, mejorando a su vez la condición ambiental (microclima) bajo la estructura. El uso de polietileno en la zona centro sur del país es la tecnología que permite salir al mercado de manera anticipada. Otra tecnología es el uso plantas injertadas y cuyos patrones pueden ser tolerantes a sales y/o enfermedades, lo que ha permitido extender los ciclos productivos, logrando encontrar plantas hasta de 24 racimos de calibre extra (Figura 1.3).

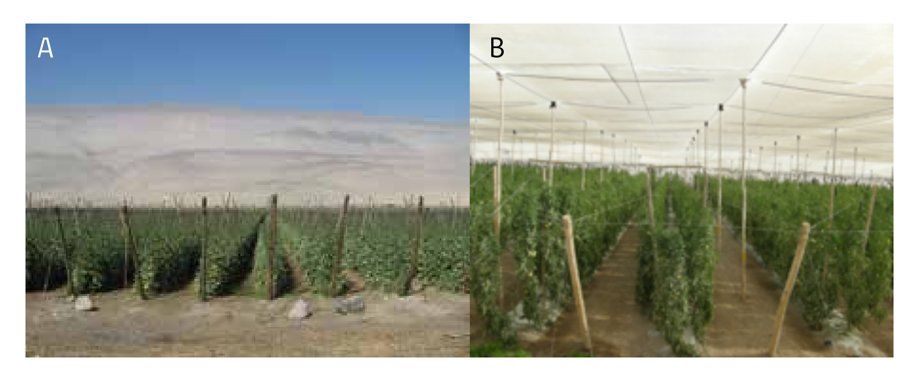


Figura 1.3. Cultivo de tomate en la zona norte. (A) Plantas francas al aire libre. (B) Plantas injertadas bajo malla antiáfido.

1.5. Requerimientos edafoclimáticos

1.5.1. Suelo

La rusticidad de la planta de tomate permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje; de aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos, se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad.

En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos. Al respecto, es posible encontrar cultivos de tomate establecidos en suelos que presentan pH 8, como casos en la Región de Arica y Parinacota, siendo un factor posible de manejar, ya que el tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de pH. Situación similar respecto a la salinidad, tanto del suelo como del agua de riego, incluso en suelos enarenados, sobre presentar conductividades superiores a 3 dS/m (técnica que reduce la evapotranspiración al disminuir el movimiento del agua por capilaridad).

1.5.2. Clima

Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, el tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. Su rusticidad asociada a nuevas variedades permite su cultivo en condiciones adversas. No obstante, el tomate es una especie de estación cálida, su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C, por ello, el cultivo al aire libre se realiza en climas templados. Temperaturas extremas pueden ocasionar diversos trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color. Temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que, cuando es inferior a 10°C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades.

Se hiela la planta		-2ºC
Detiene su desarrollo		10-12°C
Desarrollo normal de la planta		18-25°C
Mayor desarrollo de la planta		21-24°C
Germinación óptima		25-30°C
Temperaturas óptimas		
Desarrollo	Diurna	23-26°C
	Nocturna	13-16°C
Floración	Diurna	23-26°C
	Nocturna	15-18°C
Maduración		15-22°C

Cuadro 1.3. Temperaturas críticas para el cultivo de tomate.

No obstante, se debe considerar que los valores de temperaturas por sí solos son referenciales, puesto que su interacción con otros factores repercute mayormente. Por ejemplo, la combinación de altas temperaturas con humedad baja, puede generar aborto floral y baja viabilidad del polen.

Respecto a la humedad relativa, el desarrollo del tomate requiere que ésta oscile entre 60% y 80%, considerando que humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas, además, dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. También está vinculado al agrietamiento de fruto o "rajado", cuando se presenta un período de estrés hídrico y luego se produce un exceso de humedad en el suelo por riego abundante.

La luminosidad en el cultivo de tomate cumple un rol importante, más allá del crecimiento vegetativo de la planta, ya que el tomate requiere al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer. Estos valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre este proceso y la fecundación. En zonas de alto polvo en suspensión como es el caso de Arica, durante períodos de recambio de cultivo, se realizan frecuentes lavados de la cubiertas de los invernaderos con el objetivo de mejorar la producción y evitar un posterior exceso de crecimiento vegetativo. Sin embargo, estudios indican que el fotoperiodo no sería un factor crítico a diferencia de la intensidad de radiación, que si es muy alta se pueden producir golpes de sol, partiduras, coloración irregular, entre otros.

Bibliografía consultada

El cultivo del tomate. Disponible en: www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm. Consultado, julio 2016.

A. Flaño., 2013., Situación del tomate para consumo fresco. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Chile.

A. Flaño., 2015., El mercado del tomate para consumo fresco. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Chile.

González, V.; Sepúlveda, R. y González, M. 2014. Mejoramiento de los sistemas de producción de tomate bajo malla antiáfido. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°293, 70p.

Escalona, V.; et al. 2009. Manual del cultivo del tomate (Lycopersiconesculentum Mill). Universidad de Chile, Nodo Hortícola VI Región.

INE. 2008. Instituto Nacional de Estadísticas. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Chile. Disponible en: www.censoagropecuario.cl . Consultado, julio 2016.

SQM S.A., Guía de manejo, nutrición vegetal de especialidad Tomate, 2006. Disponible en: http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf. Consultado, Julio 2016.

FAO. 2003. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf . Consultado julio 2016.

CAPÍTULO 2.

NUTRICIÓN Y FERTILIDAD EN TOMATE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Juan Pablo Martínez C.
Ing. Agrónomo, Dr.
INIA La Cruz

Luis Salinas P.
Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

Fabio Corradini S.
Ing. Agrónomo, Mg.
INIA La Platina

2.1. Introducción

El tomate, como cualquier planta, requiere de elementos nutritivos esenciales, que no deben faltar para el funcionamiento fisiológico y el desarrollo completo del ciclo vegetativo. Cabe señalar que los criterios de esencialidad de un elemento nutritivo son:

- La deficiencia del elemento impide a la planta completar su ciclo vegetativo.
- La deficiencia es exclusiva del elemento en cuestión.
- La falta del elemento no puede ser reemplazada por otro.

El propósito de cualquier programa de nutrición mineral en tomate es suministrar los elementos o compuestos minerales o iones nutrientes que son absorbidos por la planta en la dosis, forma, lugar y momento oportunos para optimizar su utilización por el cultivo.

2.2. Nutrición en tomate

Son 17 los elementos considerados esenciales para el crecimiento y producción de todas las especies cultivadas incluido el tomate. Los 3 elementos esenciales con mayor requerimiento por parte de la biomasa de la planta (raíces, tallo, hojas

y fruta) son el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Estos elementos representan el 90% de la materia seca de la planta. De ellos, el C es suministrado desde la atmósfera, el cual es transformado en carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. El H y el O son proporcionados por el agua.

De los nutrientes minerales esenciales para la planta se distinguen los de mayor requerimiento y se encuentran en más alta proporción en ella, denominados macronutrientes. Entre los macronutrientes se consideran primarios: nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca); y secundarios: fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S).

Aquellos elementos esenciales requeridos en menor proporción en la planta, se denominan micronutrientes. Se consideran como micronutrientes (o elementos minerales traza) los siguientes: zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y, últimamente, pero sin importancia práctica, el níquel (Ni). Este criterio para diferenciar los nutrientes puede llevar a confusiones, ya que en casos de extremo déficit de un micronutriente puede adquirir más relevancia que un macronutriente.

La necesidad de agregar vía fertilización algunos de los 17 elementos minerales esenciales surge del balance entre lo que la planta requiere y lo que el suelo suministra es insuficiente. Este déficit nutricional se acentúa en casos en que el nutriente es poco móvil y no logra llegar al sitio estratégico de acción tales como hojas, flores o frutos cuajados. En uno u otro caso será necesario reponer la diferencia vía fertilización al suelo o foliar.

Los suelos del área plantada con tomates en la Región de Valparaíso son de buena fertilidad, existiendo sólo algunos problemas con la disponibilidad de micronutrientes como Zn, B y Fe. En cuanto a los suelos del norte de Chile, existen limitaciones por exceso de sales, principalmente boro (B).

Se recomienda hacer análisis químico del agua y del suelo para determinar el programa nutricional. Estos análisis determinan la capacidad de suministro de nutrientes desde el sistema productivo hacia la planta y, con base a una adecuada interpretación, se pueden diagnosticar los aportes, las deficiencias y/o toxicidades de cada nutriente. Por lo tanto, la realización de estos análisis es considerado un paso esencial para la formulación de recomendaciones de manejo. Cabe destacar que los períodos de mayor consumo nutricional y una mayor acumulación de biomasa en la planta se asocia con una extracción superior de nutrientes. En este sentido, con el inicio del cuajado y crecimiento de los frutos comienza a aumentar las necesidades de nutrientes de la planta y, en consecuencia, cualquier déficit de algún elemento repercutirá de manera negativa en el crecimiento y rendimiento del tomate.

En las primeras etapas de crecimiento de la planta de tomate, las hojas y el tallo son los órganos que más materia seca acumulan en la planta. En las etapas finales del cultivo, los mayores aportes corresponden a las hojas y al fruto.

Diversos autores han estudiado las extracciones de nutrientes en plantas injertadas. Entre los datos obtenidos, se indica que los cultivos incompatibles tienen menor rendimiento con respecto a una planta franca, produciendo un marchitamiento en las hojas, debido al déficit hídrico producido por la baja conductividad hidráulica del xilema. En caso contrario, cuando existe compatibilidad, las plantas injertadas presentan mayor vigor, lo cual se refleja en un incremento de 9% en acumulación de materia seca y en una mayor acumulación de todos los macronutrientes, excepto para magnesio, siendo por tanto la práctica de injertar una buena alternativa para aumentar la eficiencia de absorción de nutrientes.

El fin primordial del injerto en tomate es obtener tolerancia a patógenos del suelo, pero se ha ampliado el objetivo de esta práctica a la obtención de mayor absorción de nutrimentos y contenido mineral en la parte aérea, al incremento en el vigor de la planta y al aumento de la vida de postcosecha de la fruta. Por esto, es necesario ser riguroso en la nutrición del cultivo, ya que la planta no permite excesos de fertilizante al ser más eficiente en la extracción de nutrientes. También se debe destacar que el uso simultáneo de portainjertos y variedades vigorosas tiende a reducir el rendimiento comercial cuando el cultivo no se maneja en forma adecuada, aspecto importante al momento de la elección del portainjerto.

Es poco frecuente que el criterio de selección de un portainjerto sea por la eficiencia para la extracción de nutrimentos. Casi siempre se selecciona por tolerancia al estrés biótico y abiótico, este último causado por el medioambiente. Por tanto, conocer el comportamiento nutricional que tienen las variedades al ser injertadas ayuda a la elaboración del programa de fertilización óptimo, mejora la calidad del fruto, evita un crecimiento excesivo de la planta y aumenta la eficiencia en el aporte nutricional.

El Cuadro 2.1, muestra los contenidos promedios de N, P, K, Mg y Ca en fruto, hoja, tallo y raíz de plantas francas e injertadas. Se observa que existe mayor contenido de N y K en las plantas injertadas en relación a las plantas francas.

Tomate		Órgano			
Macroelemento	Tipo de planta	Fruto	Hoja	Tallo	Raíz
N (%)	Franca	2,57 ± 0,08	3,46 ± 0,22	2,61 ± 0,11	4,10 ± 0,10
	Injertada	2,86 ± 0,06	3,74 ± 0,20	2,65 ± 0,10	3,70 ± 0,14
P (%)	Franca	0,30 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,38 ± 0,03	0,59 ± 0,06
	Injertada	0,32 ± 0,02	0,37 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,48 ± 0,05
K (%)	Franca	3,22 ± 0,09	2,84 ± 0,21	3,33 ± 0,32	2,90 ± 0,37
	Injertada	3,63 ± 0,14	3,08 ± 0,24	3,93 ± 0,38	2,56 ± 0,26
Mg (%)	Franca	0,10 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,20 ± 0,01	0,64 ± 0,04
	Injertada	0,13 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,71 ±0,49	0,65 ± 0,03
Ca (%)	Franca	0,10 ± 0,01	4,46 ±0,22	1,51 ± 0,04	1,75 ± 0,13
	Injertada	0,14 ± 0,01	4,82 ± 0,22	1,61 ± 0,04	2,01 ± 0,16
INIA La Cruz (2016).					

Cuadro 2.1. Contenidos promedios de N, P, K, Mg y Ca en fruto, hoja tallo y raíz de tomate franco e injertado cultivado bajo condiciones hidropónicas.

2.3. Fertilización del tomate

La estrategia recomendada para el cálculo de fertilización del tomatese basa fundamentalmente en conocer la extracción de nutrientes por parte de la fruta y lo requerido para el crecimiento de la biomasa vegetativa aérea.

Un adecuado programa de manejo nutricional sólo se puede hacer cuando hay una comprensión clara del rol de todos los nutrientes. En consecuencia, por estar el crecimiento de los cultivos estrechamente vinculado a una adecuada nutrición mineral, el conocimiento de la extracción que realiza la planta de estos elementos en el suelo, se convierte en una información básica para el diseño y planificación de la fertilización de los cultivos.

El uso de portainjertos en tomate implica un sistema de raíces más vigoroso y activo, que tiene la capacidad de absorber una mayor cantidad de nutrientes (nitrógeno), por tanto, los niveles descritos para una planta franca (Cuadro 2.2), deberían ser distintos a los encontrados en una planta injertada.

Nutriente	kg de nutriente / t fruta
N	2,6
P	0,5
K	3,9
Ca	1,6
Mg	0,4

Cuadro 2.2. Requerimiento de nutrientes de plantas de tomate franco por tonelada de fruta producida.

En términos de extracción mineral, se determinó que los coeficientes de extracción de nutrientes (kg/t) del tomate en invernadero fueron: 3,0; 1,0; 5,0; 2,5 y 1,0 para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

2.3.1. Fertilización nitrogenada

Dosis de nitrógeno

En tomate bajo invernadero, para cualquier rendimiento, se ha calculado que la necesidad de N es de 2,6 kg N/t de fruta. Este valor incluye la biomasa vegetativa (tallos, hojas). Los cálculos están basados en el llamado Modelo de Stanford, ampliamente utilizadoy de éxito en los rubros en que se ha aplicado en el país. En términos simples, la dosis viene dada por 1,5 x 0,5 m con dos ejes, 8kg por eje.

DOSIS = (EXTRACCIÓN DEL CULTIVO- APORTE DEL SUELO)/EFICIENCIA

El cálculo de dosis se realiza de la siguiente manera, teniendo en cuenta:

a) Requerimiento neto de N para 120 t: 2,6 kg N/t x 120 t = 312 kg/ha.

b) Aporte suelo estimado = 56 kg/ha. Este valor de aporte proviene de la extracción de N de testigos sin fertilizar con N (el suelo indicó 28 ppm de N mineral), que sería estimado multiplicando la concentración por dos (28 ppm x 2). Esto es así, ya que 28 ppm considerando 1 ha, que pesa alrededor de 2.000 t que contiene aproximadamente 56 kg.

c) Saldo a cubrir: requerimiento cultivo - aporte del suelo = 312 kg/ha - 56 kg/ha = 256 kg/ha.

d) Dosis referencia de N: saldo a cubrir / eficiencia recuperación (75% para suelos de la Región de Valparaíso): 208/0,75= **341 kg N/ha.**

El 75 % corresponde a la aplicación del fertilizante nitrogenado a través de riego por goteo.

De acuerdo al nivel productivo se pueden estimar dosis (kg/ha) aproximadas que debería aplicar (Cuadro 2.3).

Rendimiento (t/ha)	Requerimiento neto N (kg/ha)	Dosis de N (kg/ha)
80	208	202
120	312	341
160	416	480
200	520	618

Cuadro 2.3. Requerimiento neto y dosis de nitrógeno (N, kg/ha) para cuatro rendimientos (t/ha).

Es importante considerar que los cálculos presentados son referenciales y pueden ser modificados de acuerdo al tipo de suelo donde se hará la aplicación principalmentey al aporte que reciba éste a partir de enmiendas orgánicas (compost, residuos vegetales, guanos). Como los aportes pueden presentar valores altos, intermedios o bajos dependiendo del manejo, el requerimiento se modifica. Asimismo, el cálculo consideró para esta estimación una eficiencia de aplicación de nitrógeno del 75%, la cual puede aumentar en sistemas productivos con un óptimo manejo del riego.

2.3.1.1. Épocas de aplicación del nitrógeno

El ciclo de cultivo del tomate tiene una duración de alrededor de 130 días después del trasplante (DDT), es decir, desde trasplante hasta el final de la cosecha. Este período se compone de cuatro etapas sincronizadas con las distintas etapas fenológicas del cultivo:

- 0 - 46 DDT --> Trasplante, establecimiento y desarrollo.
- 46 -96 DDT --> Iniciación floral a formación de fruto.
- 96 - 109 DDT --> Formación de fruto a inicio de cosecha.
- 109 - 130 DDT --> Inicio a fin de cosecha.

Se recomienda parcializar la aplicación del N (estimada en 341 kg de N/ha) en la temporada, calculado para una producción de 120 t/ha, considerando un 15% fertilización de base (51 kg N/ha) y el resto durante el cultivo, en los porcentajes que se muestran en el Cuadro 2.4.

Período de aplicación	% de la dosis de referencia	kg N /ha
0 - 46 DDT	14	48
46 -96 DDT	34	116
96 - 109 DDT	29	99
109 - 130 DDT	8	27

Cuadro 2.4. Parcialización de la aplicación de la dosis de referencia en la temporada.

2.3.2. Fertilización fosfatada

La fertilización con fósforo (P) se utiliza con el objetivo principal de aumentar el desarrollo radicular, así como también para todas las funciones a nivel fisiológico de la planta de tomate. Este mineral se encuentra abundante en gran parte de los suelos de la zona en donde se cultiva tomate en Chile. Sin embargo, es un mineral de baja movilidad en el suelo y, ocasionalmente aparecen niveles deficitarios de P en tomates. Es por ello que se debe realizar aplicaciones de fósforo lo más cerca posible al sistema radicular, considerando reponer el volumen extractado por el cultivo en cada temporada.

2.3.2.1. Dosis de fósforo

El requerimiento neto de fósforo (P) para un cultivo de tomate se estima multiplicando el coeficiente de extracción P (0,5 kg P/t) por las toneladas de fruta producida.

a) Requerimiento neto de P para 120 t/ha: 120 t X 0,5 kg/t = 60 kg P/ha.

b) Aporte suelo estimado = 16 kg/ha (suelo indicó 32 ppm de P-Olsen= medio). Este valor se obtiene dividiendo las ppm de P-Olsen por 2.

c) Saldo a cubrir=requerimiento cultivo - aporte suelo= 60 kg P/ha - 16 kg/ha = 44 kg P/ha.

d) Dosis de referencia de P = saldo a cubrir / eficiencia recup. (33%) = 44 kg P /0,33= 133 kg de P/ha.

e) Conversión a P2O5: P a aplicar x factor conversión= 133 kg de P/ha x 2,3 = 305,9 kg P_2O_5/ha.

En el Cuadro 2.5, se muestra el requerimiento neto de P y dosis de fósforo (kg/ha) para distintos niveles productivos.

Rendimiento (t/ha)	Requerimiento neto P (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)	Dosis de P_2O_5 (kg/ha)
80	40	73	167
120	60	133	306
160	80	193	443
200	100	255	587

Cuadro 2.5. Requerimiento neto y dosis de fósforo (P, P_2O_5) (kg/ha) para cuatro rendimientos (t/ha).

Estos cálculos son referenciales y varían según la cantidad de ppm de P-Olsen que entregue el análisis de suelo, con lo cual se modificaría el aporte del suelo. En cuanto a las fuentes de fósforo, se pueden recomendar los fosfatos monoamónicos (MAP) y el ácido fosfórico, dado que en estas formas el fósforo aplicado presenta una mejor recuperación por parte del cultivo (eficiencia).

Estos fertilizantes presentan una mayor movilidad en la zona radicular. Es recomendable informarse sobre qué fuente de P es la que incluyen los fertilizantes que se aplicarán, si es en base a fosfato diamónico, el P es de muy baja eficiencia en suelos neutros y alcalinos. Estos cálculos también dependen del desarrollo de raíces, ya que este nutriente es absorbido por contacto directo entre las raíces y este mineral. Variedades con un desarrollo de raíces más vigoroso serán más eficientes en la absorción de P.

2.3.2.2. Épocas de aplicación del fósforo

Dentro del ciclo de cultivo del tomate, el fósforo se aplica con una distribución parcializada dentro de las primeras tres etapas del cultivo, que va desde el momento del trasplante hasta el inicio de la cosecha.

1) 0 - 46 DDT -->Trasplante, establecimiento y desarrollo.
2) 46 -96 DDT --> Iniciación floral a formación de fruto.
3) 96 - 109 DDT --> Formación de fruto a inicio de cosecha.

Se recomienda parcializar la aplicación del P (estimada en 306 kg de P2O5/ha) de la siguiente manera, en la temporada calculado para una producción de 120 t/ha, considerando un 33% de fertilización de base (101 kg P2O5/ha) y el resto durante el cultivo, en los porcentajes del Cuadro 2.6.

Período aplicación días después de trasplante(DDT)	% de la dosis de referencia	kg P_2O_5 /ha
0 - 46 DDT	25	75
46 -96 DDT	21	65
96 - 109 DDT	21	65

Cuadro 2.6. Período, porcentaje (%) de la aplicación y kg de P_2O_5/ha a suministrar en la temporada.

2.3.3. Fertilización potásica

La cifra de extracción de potasio (K) por la planta es la más alta de todos los nutrientes, con 3,9 kg de K/t de fruta producida. El potasio se considera como el catión más importante, ya que actúa regulando el turgor de la planta. Sin embargo, este nutriente es antagonista del Ca con respecto a la movilidad a la fruta, por lo cual se debe aplicar correctamente, ya que un exceso de potasio en la fertilización afectaría negativamente en los contenidos de Ca en la fruta, produciendo problemas en postcosecha.

2.3.3.1. Dosis de potasio

El requerimiento neto de K (fruta + biomasa vegetativa) se calcula multiplicando el requerimiento de extracción de este elemento por la fruta producida. El coeficiente de extracción de K es de 3,9 kg/t.

a) Requerimiento neto K para 120 t =120 t x 3,9 kg/t = 468 kg de K/ha.

b) Aporte suelo estimado = 225 kg K/ha (suelo indicó 225 ppm de K disponible = alto). (La absorción del testigo sin K fue de 296 kg de K).

c) Saldo a cubrir = requerimiento neto - aporte suelo = 468 kg K/ha - 225 kg/ha = 213 kg K/ha.

e) Dosis de referencia de K = saldo a cubrir/eficiencia recuperación (70%) = 213 kg/ha/0,70= 304 kg K/ha.

f) Conversión a K_2O= dosis K x factor conversión = 304 kg K/ha X 1,2 = 365 kg de K_2O /ha.

En el Cuadro 2.7, se muestra el requerimiento neto por parte de la planta y la dosis de K (kg K_2O/ha) para cuatro niveles productivos del cultivo bajo condiciones de invernadero.

Rendimiento (t/ ha)	Requerimiento neto K (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha)	Dosis de K_2O (kg/ha)
80	312	124	149
120	468	347	416
160	624	570	684
200	780	793	952

Cuadro 2.7. Requerimiento neto y dosis de potasio (K) (kg K_2O/ha) para cuatro rendimientos.

2.3.3.2. Épocas de aplicación del potasio

El potasio por su importancia en la regulación hídrica dentro de la planta, está presente en todo el ciclo productivo, concentrando las aplicaciones en el período de mayor demanda de la fruta, que es desde inicio de cuaja hasta inicio de cosecha. En cuanto a las fuentes, se recomienda utilizar el nitrato de potasio (KNO_3) y el sulfato de potasio (K_2SO_4).

Se sugiere parcializar la aplicación del potasio (K) (estimada en 416 kg de K_2O/ha) en latemporada, calculado para una producción de 120 t/ha de acuerdo a los siguientes porcentajes (%) que se muestran en el Cuadro 2.8.

Período de aplicación	% de la dosis de referencia	kg K_2O /ha
0 - 46 DDT	12	50
46 -96 DDT	37	154
96 - 109 DDT	36	150
109 - 130 DDT	15	62

Cuadro 2.8. Porcentaje (%) de la aplicación y kg de K_2O/ha a suministrar en la temporada.

Bibliografía consultada

Betancourt, P.yPierre, F. 2013. Extracción de micronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanumlycopersicum* L. var.ALBA) en la casa de cultivo en Quibor, Estado Lara. 25(3):181-188.

Godoy, H.; Castellanos, J.; Alcántara, G.; Sandoval, M. y Muñoz, J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrientes. Tierra Latinoamericana 27:1-9.

Hernández, M.; Chailloux, M.; Moreno, V.; Mojena, B. y Salgado, J. 2009. Relaciones nitrógeno potasio en fertirriego para el cultivo protegido del (*Solanumlycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. CultivosTropicales 4: 71-78.

Lee, J. 2003. Advances in vegetable grafting. ChronicaHorticulturae 43: 13-19.

Lee, S. 2007. Production of high quality vegetable seedlings grafts. ChronicaHorticulturae 759: 169-174.

Oda, M. 2007. Vegetable seedling grafting in Japan.ActaHorticulturae 759:180.

Marschner, P. 2012. Marschner`s mineral nutrition of higher plants. Marschner P. (ed.). Third edition.Academic Press. London, UK. Waltham and San Diego, USA.645 p. Rincón, S.L. 2002.Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. Phytoma 135: 34-46.

Rivero, R.M.; Ruiz, J. M. y Romero, L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions.Journal of Food Agriculture and enviroment 1: 70-74.

Sepúlveda, F.; Rojas C.; Carrasco, J.y Morales A. 2012. Metodología en la toma de muestra de suelo y su importancia. Informativo INIA Ururi N° 58:1-4.

Tjalling, H. 2006. Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. SQM. 84 pp.

Villasana, J. 2010. Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersiconesculentum*Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León. Para obtener el Título de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola. Universidad autónoma de Nuevo León. 1-68 pp.

CAPÍTULO 3.
ENFERMEDADES EN TOMATE BAJO INVERNADERO

Paulina Sepúlveda R.
Ing.Agrónomo, M. Sc.

3.1. Introducción

Para que ocurra una enfermedad es necesario que existan en forma simultánea tres factores fundamentales: un hospedero susceptible, un medio ambiente favorable y un agente causal. Si alguno de estos factores no está presente, no ocurrirá la enfermedad.

Entre los agentes causales destacan hongos, bacterias, virus y nemátodos, los que pueden provocar pérdidas importantes de rendimiento, como también en la calidad comercial de los tomates bajo invernadero. Estos agentes pueden afectar a las plantas en diferentes estados de desarrollo y disminuir su vida útil. Dependiendo de la incidencia y severidad de los problemas fitopatológicos, pueden transformarse en factores limitantes para la producción, provocando pérdidas económicas a los productores. En la Región de Arica y Parinacota se han visto ataques importantes de nuevos virus transmitidos por mosquita blanca Bemisiatabaci que dañan severamente la producción.

Cada enfermedad produce síntomas que en algunos casos son fáciles de reconocer, pero en otros pueden ser confundidos con daños provocados, por ejemplo, con deficiencias nutricionales. Por ello, el correcto diagnóstico del problema es fundamental para tomar las medidas de control en forma certera y oportuna. La incidencia y severidad de estas enfermedades depende del organismo que las causa, la susceptibilidad de la planta y el medioambiente.

Este capítulo constituye una ayuda a técnicos y profesionales, como también a productores, para realizar una correcta identificación de las enfermedades más frecuentes que ocurren en el cultivo de tomate bajo invernadero, y así elegir la estrategia y táctica de control más adecuadas.

Las enfermedades que afectan al cultivo del tomate deben ser manejadas de manera de minimizar los efectos nocivos que éstas tienen sobre las plantas, evitando una contaminación del medioambiente con fungicidas químicos y minimizando los costos de control de manera de no afectar la productividad del cultivo.

La mejor manera es utilizando el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), el cual se basa en estas premisas:

- **Mantener un nivel aceptable de la enfermedad.** Esto significa que la enfermedad no debe erradicarse, sino que debe mantenerse en un nivel que no produzca daño económico. Estos umbrales de infección hay que fijarlos para cada cultivo y para cada enfermedad en particular. Pero, en general, para el cultivo bajo invernadero el umbral es más bajo que para cultivo al aire libre, debido a que el medioambiente es muy favorable para el desarrollo de hongos.

- **Usar prácticas culturales preventivas y genéticas.** Las prácticas de manejo como riego, fertilización, control de malezas y eliminación de rastrojos afectados del cultivo, entre otras, que minimicen las condiciones favorables para el desarrollo de las enfermedades. La selección de variedades resistentes o menos susceptibles a las enfermedades más comunes, así como el uso de plantas injertadas sobre patrones resistentes a nemátodos o Fusarium, representan una buena práctica en el control de enfermedades causadas por estos patógenos.

- **Monitoreo permanente de la presencia de enfermedades.** El manejo de las enfermedades debe basarse en un diagnóstico certero, para lo cual es imprescindible conocer los agentes que están afectando a las plantas. Se debe reconocer los síntomas que el agente causal produce y ser capaz de identificarlo. Identificado el agente causal, éste debe someterse a un monitoreo sistemático para determinar su incidencia (porcentaje de plantas afectadas por la enfermedad) y severidad (expresado como la intensidad del daño en cada planta) en el invernadero a lo largo de la temporada. Junto con registrar el comportamiento de las enfermedades, hay que llevar un registro del clima (temperatura y humedad) para estimar cuándo se producirán los daños de la enfermedad.

- **Control mecánico.** Los métodos mecánicos de control, siempre deberán ser considerados. Incluyen la eliminación de las fuentes de inóculo, mallas anti-insectos para minimizar la entrada de vectores y con ello la transmisión de virus y el laboreo mecánico para el control de malezas; a menudo una fuente importante de inóculo para muchas enfermedades.

- **Control químico.** Los controles químicos deben usarse sólo cuando sea necesario y, con frecuencia, en momentos específicos del ciclo de una determinada enfermedad. Debe privilegiarse el uso de los agroquímicos específicos, biológicos de bajo impacto en el medioambiente, por sobre los de amplio

espectro de acción. Éstos deben utilizarse en las dosis recomendadas por el fabricante, siempre respetando las precauciones que se indican en la etiqueta en cuanto a los períodos de carencia, al efecto residual del producto, la disposición de los envases y la protección de las personas que aplican los agroquímicos. Siempre deben utilizarse productosautorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el cultivo.

- **Evaluar permanentemente los resultados de las estrategias de control empleadas.** Es muy importante evaluar en forma sistemática los resultados de los programas de control para corregir y mejorar los métodos y optimizar los resultados.

Junto con la utilización del MIPE, es recomendable el uso de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que son las acciones involucradas en la producción, almacenamiento, procesamiento y transporte de productos de origen agropecuario, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medioambiente y el bienestar laboral. Incluyen el manejo de suelo, agua, fertilizantes y productos fitosanitarios durante el cultivo, cosecha, empaque, transporte y almacenado del producto.

Las BPA norman la higiene en el predio, los servicios básicos para el personal, el respeto a la legislación laboral, el manejo de los residuos líquidos y sólidos del predio y la mantención de registros.

3.2. Principales enfermedades que afectan al tomate bajo invernadero

3.2.1. Pudrición gris

La pudrición gris es una enfermedad causada por el hongo *Botrytiscinerea* (Teleomorfo=*Botryotiniafuckeliana*), capaz de infectar a las plantas de tomate en cualquier estado de desarrollo, es decir, desde almaciguera a cosecha. El patógeno es favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas cercanas a los 20°C.

3.2.1.1. Síntomas

Los síntomas se pueden manifestar en pecíolos, flores, tallos, hojas y frutos, dañados o senescentes. Estas lesiones acuosas aparecen en los tallos (Figura 3.1).



Figura 3.1. Pudrición del tallo y micelio gris con abundante esporulación.

Luego aparecen lesiones cancrosas y necróticas de color café claro, las que pueden estrangular el tallo parcial o totalmente (Figura 3.2).



Figura 3.2. Lesiones cancrosas de Botrytis cinerea.

Las lesiones necróticas rodeadas por un halo clorótico, a menudo con forma de "V", aparecen en los foliolos, como indica la Figura 3.4 (A). En flores se produce necrosis, escasa cuaja y desarrollo de una pudrición acuosa en frutos inmaduros.

En frutos maduros aparecen pequeñas lesiones amarillas, necróticas y esféricas conocidas como manchas fantasmas, con un diámetro entre 3 y 10 mm. Se presenta un moho aterciopelado grisáceo sobre los tejidos parasitados (Figura 3.3).



Figura 3.3. Fruto con pudrición y abundante esporulación.

El hongo comúnmente esporula, observándose la presencia de numerosos conidióforos los cuales producen innumerables conidias (Figura3.4).



Figura 3.4. (A) Hoja de tomate con típica necrosis en "V". (B) Conidióforo de *Botrytis* cinerea.

3.2.1.2. Diseminación

Las conidias son transportadas principalmente por el viento.

3.2.1.3. Sobrevivencia

Botrytis cinerea sobrevive como saprófito en restos de cultivos y como esclerocio en el suelo.

3.2.1.4. Control

Realizar permanente monitoreo de modo de determinar incidencia y establecer medidas de control.

I. Control cultural: reducir la humedad en los cultivos. Ventilación adecuada mejorando deshoje y desbrote. Eliminar de las plantas los órganos enfermos tan pronto como éstos aparezcan y no dejarlos dentro ni en las cercanías del invernadero. Reducir fertilización nitrogenada.

II. Control químico: aplicación de fungicidas sistémicos o de contacto, de acuerdo a los autorizados por el SAG, teniendo en cuenta efecto residual y tiempo de carencia.

3.2.2. Tizón temprano, mancha negra de la hoja

3.2.2.1. Síntomas

El tizón temprano causado por *Alternaria solani*, ataca la parte aérea de la planta de tomate y en todos sus estados de crecimiento, siendo las hojas maduras las de mayor incidencia. Sus síntomas se caracterizan por lesiones circulares o anilladas de color café a negro en hojas maduras (Figura 3.5). Estas lesiones pueden estar rodeadas de un halo clorótico. El diámetro de estas lesiones circulares es de 8 a 10 mm y pueden alcanzar varios centímetros cuando las condiciones climáticas son favorables y/o cuando se fusionan con otras lesiones, comprometiendo gran parte de la planta y adquiriendo un aspecto de tizón o quemado.

Lesiones similares pueden observarse en tallos, pecíolos y pedúnculos. En infecciones severas, las plantas comienzan a defoliarse y los frutos quedan expuestos a daños por el sol, lo que puede causar manchas.



Figura 3.5. Manchas anilladas de color café en hojas.

También puede atacar flores, produciendo su caída y la de frutos pequeños. En frutos cercanos a la madurez produce lesiones hendidas, firmes, de color café oscuro o verde oliváceo. Las lesiones en tallos pueden provocar estrangulamiento parcial o total de la planta.

3.2.2.2. Diseminación

La enfermedad puede ser diseminada por semillas contaminadas o al comercializar almácigos infectados. Las conidias pueden ser transportadas por el viento.

3.2.2.3. Sobrevivencia

Alternaria solani produce estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, las cuales son capaces de sobrevivir por varios años en el suelo. Pueden sobrevivir como micelio, conidias y clamidosporas en la superficie de semillas de tomate, restos de plantas, malezas y otros hospederos solanáceos como berenjena, pimiento y papa.

3.2.2.4. Control

Monitoree permanentemente el cultivo para determinar la incidencia de la enfermedad y poder tomar medidas de control.

I. Control cultural: se sugiere rotación de cultivos incluyendo especies de familias no susceptibles. Eliminar restos de cultivo enfermos mediante aradura profunda. Utilizar plantas provenientes de semilla certificada, libre de la enfermedad y desinfectada. Usar cultivares resistentes.

II. Control químico: se sugiere aplicar fungicidas con una incidencia de 5%, que deben ser autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de la enfermedad. La periodicidad de aplicación depende del efecto residual y tiempo de carencia. Entre los ingredientes activos autorizados se encuentran: Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Fluopiram/Tebuconazole, entre otros.

3.2.3. Oídio, peste cenicilla, moho polvoriento

La enfermedad del oídio es muy frecuente en invernadero debido a que existen las condiciones de humedad muy favorables para el desarrollo del agente causal. Puede ocasionar severas pérdidas en el cultivo debido a que afecta la capacidad fotosintética de las plantas. El agente causal está identificado con las cepas *Leveillula taurica* (anamorfo: *Oidiopsis taurica*), *Oidiumneo lycopersici, O. lycopersici.*

3.2.3.1. Síntomas

Los síntomas de esta enfermedad se pueden apreciar en todas las partes vegetativas de la planta y se caracteriza por presentar manchas irregulares de color verde amarillento, parcialmente necrosadas en las hojas.

Las manchas se cubren con micelio de color blanquecino que puede extenderse por ambas caras de las hojas, como también tallos, peciolos (Figura 3.6). Cuando hay ataques severos en la planta el hongo la cubre completamente, causando defoliación y necrosis (Figura 3.7).



Figura 3.6. Manchas pulverulentas de color blanco. (Izquierda) En hojas. (Derecha) En tallos.

En ataques severos de la enfermedad el tejido foliar se marchita, hay reducción del crecimiento y pérdida de rendimiento cuando los frutos son expuestos al sol, ya que afecta el valor comercial de ellos.



Figura 3.7. Planta severamente afectada por oídio y deshidratación de hojas.

3.2.3.2. Diseminación

Las conidias del hongo son diseminadas por el viento.

3.2.3.3. Sobrevivencia

Las especies causantes de oídio son parásitos obligados y sobreviven en restos de tomate y hospederos alternos.

3.2.3.4. Control

I. Control cultural: se sugiere monitorear permanente para establecer oportunamente las medidas de control. Eliminar restos de tomate y malezas enfermos tan pronto como termine la temporada de cosecha. Mantener los cultivos lo más ventilados posible. Controlar las plantas voluntarias y malezas hospederas.

II. Control químico: se sugiere realizar aplicaciones preventivas con azufre mojable y curativas con fungidas autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de la enfermedad, como Azoxystrobin, Miclobutanilo, Triadimefon, Penconazol, entre otros.

3.2.4. Cancro bacteriano del tomate

El cancro bacteriano del tomate es una enfermedad que reviste gran importancia en invernadero, debido a que puede propagarse muy fácilmente por las personas que realizan diferentes labores culturales en las plantas tales como poda, deshoje, desbrote, entre otras. A su vez, porque no existen medidas curativas de control.

El agente causal de esta enfermedad es una bacteria habitante de suelo que se llama *Clavibacter michiganensis sub especie michiganse*. Condiciones de temperaturas de 24 – 28°C y alta humedad son muy favorables para el desarrollo del agente causal.

3.2.4.1. Síntomas

Los síntomas de la enfermedad se ven como marchitez de los foliolos, que puede manifestarse en cualquier estado de desarrollo de la planta. Es frecuente que la enfermedad se exprese en forma unilateral en las hojas. Además, las hojas basales se curvan hacia arriba y luego las hojas se secan pero el pecíolo permanece adherido al tallo. También se puede observar necrosis interna (Figura 3.8) o estrías amarillas a café, que pueden agrietarse y formar cancros.



Figura 3.8. Necrosis interna y hoja del ápice con marchitez.

3.2.4.2. Diseminación

La bacteria puede ser diseminada por semilla, constituyendo el primer foco de la enfermedad. También se disemina por movimientos de suelo, riego y viento. Por labores de poda, deshoje y trasplante.

3.2.4.3. Sobrevivencia

La bacteria sobrevive en semilla, en el suelo por uno a dos años, en plantas enfermas y en malezas como chamico, palqui y tomatillo.

3.2.4.4. Control

La enfermedad no tiene control curativo, por lo tanto, deben implementarse medidas preventivas tales como:

- Uso de semilla sana o desinfectada con hipoclorito de sodio (cloro comercial al 5%) al 1% por 30 minutos o agua calientea 45°C.
- Desinfección de suelo con Methan Sodio o 1,3 diclorpropeno + cloropicrina, o vaporización previo a la plantación.
- Rotación de cultivos con especies no susceptibles.
- Control de malezas solanáceas como chamico, tomatillo.
- Eliminar plantas enfermas.
- Desinfectar entre plantas los utensilios usados en poda, deshoje o desbrote- con una solución de yodo.
- Aplicación al follaje de productos en base a cobre (oxicloruro, oxido cuproso, sulfato de cobre), especialmente en almácigos y hasta antes de floración.

3.2.5. Virosis

Diversos virus pueden afectar al tomate en invernadero, el más frecuente entre ellos es el bronceado del tomate que se caracteriza por causar manchas circulares como también deformación de frutos, afectando severamente la calidad. Este virus es transmitido por trips, especialmente *Frankliniellaoccidentalis*.

Es importante mencionar que los virus no tienen control. Por lo tanto, lo único recomendable es colocar malla anti-insectos en el invernadero para evitar el

paso de los insectos vectores. En la Figura 3.9 se observa el típico daño de manchas circulares cloróticas en frutos.



Figura 3.9. Manchas circulares cloróticas causadas por virus del bronceado del tomate.

Bibliografía consultada

Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Sexta edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile. 638 p.

Bruna, A. 2005. Enfermedades del tomate. *En:* Escaff, M. et al El cultivo de tomate en invernadero. Boletín Técnico INIA, 128, 79p.

Estay, P. y Bruna, A. 2002. Insectos y Ácaros asociados al tomate en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Libros INIA N° 7111p.

CAPÍTULO 4.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN TOMATES BAJO INVERNADERO

Natalia Olivares P.
Ing. Agrónomo, M. Sc.
INIA La Cruz

Alejandra Guzmán L.
Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

4.1. Introducción

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una estrategia sostenible, que combina diferentes herramientas de control. Entre sus características destaca el uso óptimo y reducido de plaguicidas, favoreciendo la acción de los enemigos naturales y el control biológico. Su fundamento está constituido por principios ecológicos que reconocen e interpretan los cambios en la dinámica poblacional de la plaga y sus relaciones.

La aplicación del MIP requiere de antecedentes sobre la plaga, hospederos y el medio donde se encuentra. Uno de los aspectos fundamentales del MIP es lograr una combinación armónica de los métodos más eficientes de control, con el objetivo de reducir y mantener las poblaciones de las plagas a un nivel bajo el umbral de daño económico. Estos umbrales permiten decidir hasta qué punto el cultivo puede soportar una determinada plaga sin sufrir daño económico. El hecho de establecer tolerancias de daño, por bajas que sean, permite la presencia de pequeñas poblaciones de la plaga sin mayores efectos sobre la producción agrícola

Una adecuada implementación de un programa de MIP considera:

- Identificación de las plagas y sus enemigos naturales.

- Monitoreo de las plagas, determinando los niveles de infestación de la plaga, la presencia de enemigos naturales y el efecto de las condiciones ambientales sobre éstas.

- Umbral de daño económico.

- Toma de decisión de manejo, en relación a los datos obtenidos desde el monitoreo.

- Herramientas de manejo: control natural, cultural, físico, biológico, químico, entre otros.

4.2. Implementación del MIP en el cultivo del tomate bajo invernadero

4.2.1. Mosquita blanca de los invernaderos.Trialeurodesvaporariorum (Westwood)

Plaga originaria de América, se encuentra presente en Chile desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos, incluido Isla de Pascua. Es una especie polífaga, se encuentra en cultivos comotomate, ají, pimentón, pepino de ensalada, sandía, melón, zapallo italiano, frejol, tabaco, alfalfa, trébol, kiwi, nogal, palto, ciruelo, vid, guayabo, eucaliptus y, en alrededor de 27 malezas, como el falso té, malva, correhuela, rábano y diente de león.

La mosquita blanca de los invernaderos presenta 4 estados de desarrollo: huevo, ninfa, pseudopupa y adulto. Tiene una metamorfosis incompleta y la duración del ciclo está asociada a la temperatura, reduciendo la duración a medida que las temperaturas aumentan en la temporada.

Todos los estados de desarrollo se ubican en el envés de las hojas. Los ataques se inician en los brotes recién formados, en donde las hembras depositan sus huevos. Durante su vida, una hembra puede poner entre 150 y 350 huevos. Los **adultos** son de color amarillo recubiertos con una cera blanca, miden entre 1,5 a 3 mm de largo, siendo los machos un poco más pequeños que las hembras. Los **huevos** son de forma oval y alargada, de color blanco amarillento cuando están recién ovipuestos, tornándose a un color gris-negruzco antes de la eclosión. Las **ninfas** son ovaladas y aplastadas, siendo el primer estado ninfal el único móvil. Inicialmente son de color transparente opaco, tornando a verde claro, amarillo o marrón claro. Las **pseudopupas** son ovaladas, de color blanco opaco con los ojos rojos.



Figura 4.1. Adulto de *T. vaporarorium*.



Figura 4.2. Huevos de *T. vaporarorium.*



Figura 4.3. Ninfas de *T. vaporarorium.*



Figura 4.4. Pseudopupa de *T. vaporarorium.*

El daño directo es provocado por la succión de la savia, debilitando las plantas en caso de ataques severos. El daño indirecto es debido a la abundante mielecilla que la plaga produce, lo que favorece el desarrollo de fumagina en hojas y frutos.



Figura 4.5. *T. vaporariorum* en el envés de las hojas.



Figura 4.6. Fumagina en hojas.



Figura 4.7. Fumagina en frutos.

Entre los principales enemigos naturales se encuentran los depredadores como *Tupiocori* ssp., *Chrysoperla* spp., y los parasitoides de ninfas como *Encarsia formosa, E. haitiensis, E. luteola, E. lycopersici, E. porteri* y *Eretmocerus corni.*

El **monitoreo** de esta plaga se debe hacer durante todo el ciclo, muestreando al azar al menos 2plantas/nave (invernadero), recorriendo el invernadero y con especial atención a las orillas y sectores cercanos a las entradas. Se debe registrar la presencia de huevos, ninfas y adultos.

4.2.1.1. Control físico

- Instalación de mallas antiáfidos, para disminuir el ingreso de adultos de mosquita desde el exterior.

- Uso de cintas amarillas pegajosas para la detección y reducción de mosquita. Se deben instalar preferentemente en sectores de ingreso al módulo productivo y al inicio de las hileras, y siempre deben estar a la misma altura que el crecimiento apical.

4.2.1.2. Control cultural

- Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y después de la cosecha.

- Eliminación de maleza aledaña, ya que esta plaga inverna como huevo en alrededor de 24 malezas hospederas.

- Inspección de las plantas provenientes de la plantinera de manera de controlar las que vengan infestadas antes del trasplante.

4.2.1.3. Control biológico

- Uso del depredador *Chrysoperla* spp. Este depredador debe ser liberado al observarse los primeros ejemplares y concentrado en los focos presentes en la plantación.

- Uso del parasitoide *Encarsia formosa*. Este parasitoide debe ser liberado temprano, al ser detectados los huevos cercanos a la eclosión (negros).El nivel de parasitoidismo sobre mosquitas blancas puede alcanzar el 85% bajo condiciones de invernadero.

4.2.1.4. Control químico

- Aplicación plaguicidas convencionales o alternativas biológicas (Cuadro4.1, al final de este capítulo).



Figura 4.8. Trampas físicas/amarillas pegajosas.



Figura 4.9. Liberación de *Chrysopas*.



Figura 4.10. Aplicación de jabón potásico.

En la Figura 4.10, se muestra la densidad natural de mosquita blanca, en condiciones de invernadero. Mediante el monitoreo se detecta el momento oportuno para realizar una aplicación, como también el efecto de las herramientas utilizadas. De acuerdo a esta información, la densidad inicial de la plaga detectada correspondió a 100 huevos/foliolo, sin presencia de ninfas.

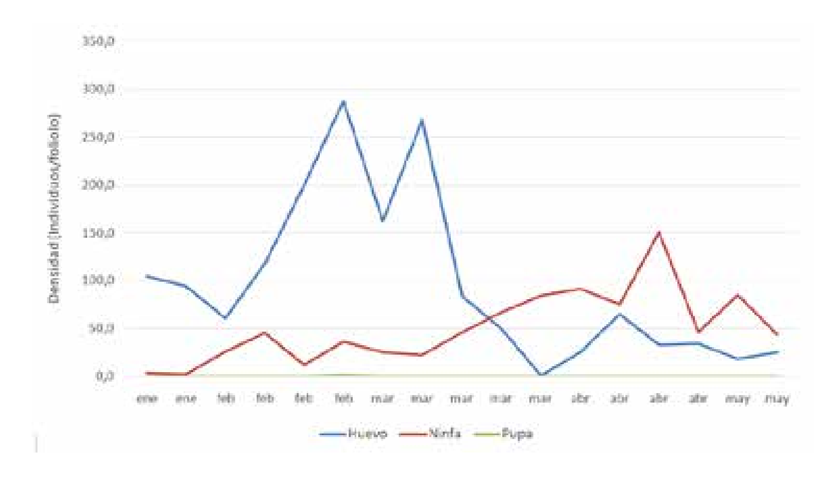


Figura 4.11. Fluctuación poblacional de mosquita blanca de los invernaderos, Limache 2016.

4.2.2. Polilla del tomate. Tuta absoluta (Meyrick)

Esta plaga es originaria de Sudamérica. Se encuentra presente en Chile desde las regiones de Arica y Parinacota hasta la de Los Lagos. Corresponde a una plaga primaria, presente en todas las temporadas del cultivo. Dentro de sus principales hospederos están el tomate, berenjena, tabaco y papa, y malezas como el tomatillo, chamico y palqui.

T. absoluta presenta cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto. Tiene una metamorfosis completa y la duración del ciclo está asociada a la temperatura, reduciendo la duración a medida que las temperaturas aumentan en la temporada. Los **adultos** son pequeñas polillas de color pardo grisáceo que miden alrededor de 1 cm con las alas expandidas; presentan antenas largas y delgadas, las que pueden estar extendidas sobre el cuerpo. Durante su vida, una hembra puede colocar entre 40 a 50 huevos, dispuestos preferentemente en los brotes recién formados, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Ocasionalmente, pueden ser ovipuestos en los sépalos, desde donde las larvas nacidas pueden llegar a los frutos. Los **huevos** son de forma cilíndrica, de color blanco cremoso recién ovipuestos. Cambian a amarillo-anaranjado en pleno desarrollo, llegando a color plomizo antes de la eclosión. Las **larvas** penetran en el interior de las hojas, alimentándose hasta que mudan, momento en el cual pueden pasar a otra hoja o fruto. Las larvas al nacer son de color blanco y sobre ellas se puede reconocer su cabeza oscura. Luego, son de color verde con una línea rosada en el dorso y alcanzan hasta 8 mm de largo. Las **pupas** se encuentran en capullos blancos ubicados preferentemente en el suelo. Son de color verde cuando están recién formadas tornándose café oscuro.



Figura 4.12. Larva de T. absoluta.



Figura 4.13. Pupa de *T.absoluta.*

El daño es provocado por las larvas, debido a que éstas se alimentan del tejido interno de las hojas formando galerías transparentes. En los frutos, la larva genera perforaciones y galerías internas. Si los ataques son en frutos recién cuajados, suelen deformarlos. Ambos daños afectan el valor comercial del fruto.



Figura 4.14. Galería en hojas de tomate.



Figura 4.15. Daño en fruto.



Figura 4.16. Daño en ápice de crecimiento de brotes.

Entre los principales enemigos naturales están los parasitoides de huevos *Trichogramma nerudai*, *T. pretiosum*, *Trichogrammatoidea bractae*, y los parasitoides de larvas *Apanteles gelechiidivoris* y *Dineulophus phthorimaeae*.

El **monitoreo** de esta plaga se debe realizar a lo largo de todo el cultivo, muestreando al azar entre 2 a 4 plantas/nave, recorriendo el invernadero y revisando ovipostura en hojas apicales, presencia de larvas y daño de galerías en hojas.

4.2.2.1. Control físico

- Instalación de mallas antiáfidos, para disminuir el ingreso de adultos de polilla desde el exterior.

4.2.2.2. Control biológico

- Uso de parasitoides del género *Trichogramma*, los cuales oviponen en el interior de los huevos de *T. absoluta* y otros lepidópteros. La dosis recomendada es 100 pulgadas de *Trichogrammas*/ha. Las liberaciones de este controlador se deben realizar cuando se observan los primeros huevos de *T. absoluta* en las hojas. La liberación se debe relacionar con la densidad y distribución de la plaga, colocando una mayor densidad en los focos detectados.

4.2.2.3. Control químico

- Instalación de feromonas, 16 difusores/hectárea para trampeo masivo y confusión sexual, se pueden utilizar trampas de agua o trampas delta con base pegajosa. Las trampas deben ser instaladas dos semanas antes del trasplante, en el sentido de la hilera, para que las plantas no bloqueen el paso del viento que es fundamental para la difusión de la feromona. Las trampas deben ser revisadas periódicamente.

- Aplicaciones foliares con capturas de 70 machos/día y 0% de daño; capturas de 50 machos/día con 6% de plantas con huevos y/o larvas; capturas de 25 machos/día y 10% de plantas con huevos y/o larvas.

- Uso de insecticidas biológicos, como es la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que actúa por ingestión. Esta toxina perfora la pared intestinal de la larva, la cual sufre una parálisis intestinal y deja de alimentarse, muriendo a los 2 a 4 días por septicemia. Como no tiene efecto translaminar se debe aplicar al observarse los primeros huevos en las hojas y repetirse a los 7 días.

4.2.2.4. Manejo cultural

- Inspección de las plantas provenientes de la plantinera, de manera de controlar las que vengan infestadas antes del trasplante.

- Deshoje y retiro de hojas con larvas y/o daño.

- Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y de la cosecha.



Figura 4.17. Trampa de feromona.



Figura 4.18. Liberación de *Trichogramma*.

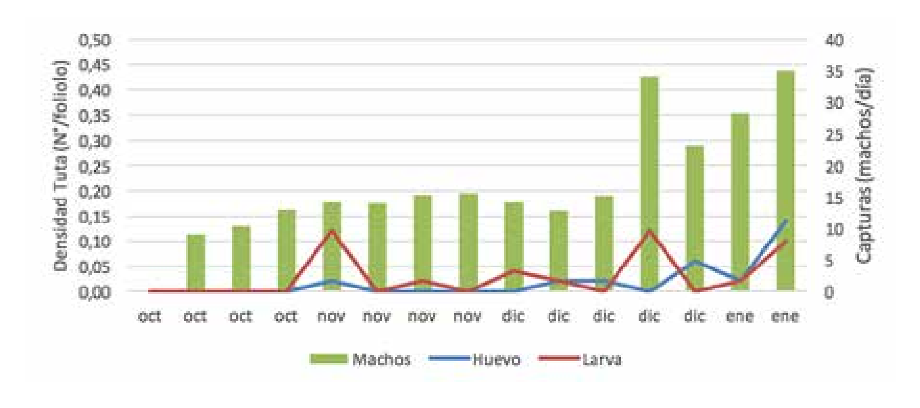


Figura 4.19. Fluctuación poblacional de polilla del tomate, Limache 2015-2016.

4.2.3. Mosca minadora de las chacras. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)

Esta plaga es originaria de Centro y Sudamérica. Se encuentra en Chile desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Aysén, incluidos Isla de Pascua y Juan Fernández. Es una especie polífaga, que ataca diversas hortalizas y plantas ornamentales, tanto al aire libre como invernadero, tales como tomate, papa, acelga, arveja, lechuga, alfalfa, trébol, clavel ylisianthus, y malezas como chamico, palqui y tomatillo.

Este insecto presenta los estados de huevo, larva, pupa y adulto. El rango óptimo de temperatura para su desarrollo es entre los 20°C y 27°C. Los **adultos** son de color negro con manchas de color amarillo en cabeza y tórax, miden en promedio 2,2 mm, siendo las hembras de un tamaño mayor a los machos. Durante su vida, una hembra puede poner hasta 80 huevos, dispuestos preferentemente en el haz de la hoja. Los **huevos** son pequeños, levemente arriñonados y de color blanco, miden en promedio 0,28 mm de largo por 0,15 mm de ancho. Las **larvas** no presentan patas y su extremo anterior es aguzado, sin diferenciación clara de la cabeza. Son de color blanco cremoso, de 3 mm de largo. Penetran en las hojas, alimentándose del tejido interno, formando galerías. Las **pupas** son cilíndricas y segmentadas. Su coloración varía de café-amarillo a café oscuro. Se pueden encontrar sobre las hojas o en el suelo.



Figura 4.20. Larva de *L. huidobrensis.*



Figura 4.21. Pupa de *L. huidobrensis*.

El daño ocurre en las hojas, cuando los adultos perforan las hojas tanto para alimentarse como para depositar los huevos, lo que se evidencia como una serie de puntos blancos. Las larvas producen galerías angostas al interior de la hoja, las que aumentan de tamaño a medida que la larva crece. Se reduce la capacidad fotosintética de la planta y, con ataques severos la hoja muere prematuramente.



Figura 4.22. Galerías producidas por *L. huidobrensis.*



Figura 4.23. Daño por oviposición.

Los principales enemigos naturales descritos en Chile son parasitoides de larvas como: *Diglyphus begini*, *Chrysochari* ssp., *Opius chilensis*, *Didimotropiscercius*, *Euparacrias phytomizae* y *Lamprotatus tubero*, y parasitoide de pupas como *Ganaspidium* sp.

El **monitoreo** se puede realizar con trampas amarillas con pegamento, en donde se observa a los adultos. Siendo las picaduras o puntos de alimentación el primer indicio del inicio de la infestación.

4.2.3.1. Control físico

- Instalación de mallas antiáfidos, para disminuir el ingreso de adultos de minador desde el exterior.

4.2.3.2. Manejo cultural

- Inspección de las plantas provenientes de la plantinera de manera de controlar las que vengan infestadas antes del trasplante.

- Deshoje y retiro de hojas con larvas y/o daño.

- Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y de la cosecha.

4.2.4. Gusanos cortadores

En este grupo de insectos-plagas encontramos las especies: *Heliothiszea* (Boddie); *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel); *Pseudoleucania bilitura* (Guenée); *Agrotis lutescens* (Blanchard); *Copitarsia turbata* (Herrich-Schäffer); *Trichoplusia ni* (Hübner).

Todos corresponden a especies de lepidópteros. Son plagas ocasionales y estacionales, observándose principalmente en primavera-verano.

El daño es causado por sus larvas que se alimentan de las hojas y frutos verdes. En estado de plántulas, cortan a nivel de cuello, lo que provoca la pérdida de plantas.



Figura 4.24. Gusano cortador alimentándose de fruto.



Figura 4.25. Daño en fruto.

Los principales enemigos naturales descritos en Chile son parasitoides de larvas como los himenópteros del género Apanteles y dípteros de la familia Tachinidae y, parasitoides de huevos del género *Trichogramma*.

El **monitoreo** de los adultos se puede hacer con trampas de luz, en las que caen más machos que hembras, ya que estas últimas vuelan por lo general a ras de suelo.

4.2.4.1. Control cultural

- Preparación del suelo, mediante rastrajes para exponer a las pupas invernantes que se encuentran enterradas en el suelo a la deshidratación.

- Eliminación de malezas aledañas ya que son reservorio de las pupas invernantes.

4.2.4.2. Control biológico

- Los enemigos naturales ejercen su acción sobre huevos y larvas, destacándose las especies de dípteros de la familia Tachinidae, de los géneros *Actinoplagia*, *Archytas*, *Gonia*, *Incamya* y *Peleteria.* También sobresalen microhimenópteros de las familias Braconidae, Ichneumonidae y Trichogrammatidae, este último parasitoide de huevos.

- Como depredador de huevo en condiciones de campo en la zona central se destaca el chinche de la familia Anthocoridae, *Orius insidiosus* (Say).

4.2.4.3. Control químico

- Aplicaciones foliares: con un 2% de frutos dañados del primer racimo y cuatro larvas capturadas en 100 plantas se debe iniciar el control con algún plaguicida al cuello de la planta.

- Uso de insecticidas biológicos, como *Bacillus thuringiensis*, que actúa por ingestión. Esta toxina perfora la pared intestinal de la larva, la cual sufre una parálisis intestinal y deja de alimentarse y muere a los 2 a 4 días por septicemia.

Plaga	Estructura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mosquita blanca	Hojas												
	Fruto												
Polilla del tomate	Hojas												
	Fruto												
Mosca minadora	Hojas												
Gusanos cortadores	Planta												
	Fruto												

Cuadro 4.1. Período y estructuras de monitoreo de las principales plagas presentes en el cultivo del tomate bajo invernadero.

Bibliografía consultada

Estay, P. 2000. Polilla del tomate. Informativo INIA N° 9, La Platina. Enero 2000, Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf. Consultado en junio 2016.

Estay, P. y Bruna, A. 2002. Insectos, ácaros y enfermedades asociadas al tomate en Chile. Centro Regional de Investigación La Platina. Colección Libros INIA N° 7. ISSN: 0717-4713. Santiago, Chile 2002. 111p.

Estay, P. 2007. Control biológico de plagas claves en tomate: mosquita blanca de los invernaderos. Revista Tierra Adentro, septiembre-octubre 2007. Disponible en http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34459.pdf.

Estay, P. 2007. Control biológico de plagas claves en tomate: polilla del tomate. Revista Tierra Adentro, septiembre-octubre 2007. Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34460.pdf

Larraín, P. 2001. Polilla del tomate y su manejo. Informativo INIA N° 1, Intihuasi. Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR27899.pdf. Consultado en junio 2016.

Larraín, P. 2001. Mosca minadora de las chacras. Revista Tierra Adentro N°38. Mayo-junio 2001. Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR26940.pdf. Consultado en junio 2016.

Larraín, P. 2002. Mosca minadora de las chacras y su manejo. Informativo INIA N° 3, Intihuasi. Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR29097.pdf. Consultado en junio 2016.

Rojas, S. 2005. Control biológico de plagas en Chile, Historia y avances. Centro Regional de Investigación La Cruz. Colección de Libros INIA N°12. ISSN: 0717-4713. Santiago, Chile 2005. 115p.

Vargas R., A. Alvear y N. Olivares 2003. Guía de Campo Plagas en Tomate, Clavel y Palto. Centro de Investigación La Cruz. Boletín INIA N° 105. ISSN 0717-4829. Santiago, Chile 2003. 67p.

CAPÍTULO 5.
MANEJO DEL RIEGO EN TOMATE

Alejandro Antúnez B.
Ing. Agrónomo, Dr.
INIA La Platina

Sofía Felmer E.
Ing. Agrónomo
INIA Rayentué

5.1. Introducción

El adecuado manejo del agua de riego tiene gran relevancia en la horticultura nacional, determinando la producción y calidad que define el retorno por ventas al productor.

En relación al riego, se debe considerar, al menos, la disponibilidad de agua, la especie y variedad, la densidad de plantación, la calidad química y biológica del agua, los períodos fenológicos críticos de la especie y el instrumental que ayude a la programación y control del riego. Este capítulo busca orientar al productor de tomate en las interrogantes básicas que determinarán el manejo y programación del riego en esta especie, para lograr adecuados niveles de producción y calidad.

En términos generales, el cultivo de tomate requiere suficiente agua para reponer la humedad perdida por evapotranspiración (ET). El riego también servirá para enfriar el cultivo por medio de la transpiración, especialmente en días muy calurosos, además de permitir la lixiviación de sales que se acumulan en la zona de raíces. Como se revisará en este capítulo, la cantidad de agua que requiere el tomate dependerá de las condiciones meteorológicas durante el ciclo de cultivo, de las propiedades físicas de retención de agua en el suelo y de las prácticas de riego.

5.2. Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua determinará la superficie a establecer con tomates. En el diseño de riego en Chile, en general, se proyectan sistemas que cuenten con una adecuada seguridad de riego. Para ello, se desarrolla un ejercicio estadístico que permite determinar el "caudal disponible con 85% de probabilidad de excedencia" (Q85%). En términos sencillos, este valor representa el volumen de agua por unidad de tiempo que posee el predio en al menos 85 años en una serie de 100.

Una adecuada determinación de la disponibilidad de agua, determinará en gran parte el éxito de la producción de tomates. Como en todas las hortalizas, la escasez de agua de riego afectará fuertemente el rendimiento y calidad del cultivo. En años de escasez de agua, se recomienda ajustar la superficie regada a la disponibilidad real de agua. En términos generales, la disponibilidad de agua necesaria para cultivar una hectárea de hortalizas en rotación (considerando especies de diferente requerimiento hídrico) equivale a aproximadamente 1 L/s. Es decir, un productor que tenga un pozo noria de caudal 3 L/s, puede cultivar y regar adecuadamente una superficie de 3 ha de hortalizas regadas por goteo. Este requerimiento tenderá a aumentar en zonas en que se requiera regar en exceso para lixiviar sales.

5.3. Tipos de fuentes de agua

Las fuentes de agua de un predio pueden ser del tipo superficial o subterráneo.

Fuentes superficiales son los derivados de embalses, tranques, esteros, ríos o derrames cuyos derechos de aprovechamiento están efectivamente inscritos y se encuentran disponibles en el predio por medio de obras de conducción abiertas (canales con o sin revestimiento) o cerradas (tuberías).

Fuente de agua profunda o subsuperficial corresponden a caudales extraídos mediante una captación subterránea de menos de 20 metros de profundidad en cuyo caso se denomina noria o pozo somero, y de más de 20 metros de profundidad denominados pozos profundos. Para determinar el caudal disponible de un pozo o noria, se realiza una prueba de bombeo. Esta prueba estima el caudal máximo que puede entregar el pozo, sin sufrir agotamiento. Esta prueba de bombeo determina un caudal que se utiliza como respaldo técnico para solicitar a la Dirección de Aguas, la autorización para utilizar el agua a extraer desde el acuífero. En este caso, el valor inscrito y demostrado por medio de una prueba de

bombeo y que efectivamente entrega la bomba instalada en el pozo, es el que se considera disponible para el riego del predio (Q85%).

Cuando se cuenta con derechos de agua superficiales (derivados de canales), conviene realizar un análisis estadístico que contenga caudales del río o del canal matriz, con una serie de datos de al menos 15 años consecutivos. Esta serie se ordena de menor a mayor y se calcula el caudal que tiene la probabilidad 85% de ocurrencia. Descontando de este valor, las pérdidas por conducción que ocurren frecuentemente en los canales (entre bocatoma y predio) y ponderando por el número de acciones del predio en relación al canal matriz, se obtiene el caudal disponible para el riego del predio (Q85%).

Es importante destacar que el Q85% representa un caudal continuo expresado en litros por segundo (L/s). Motivos prácticos relacionados con la seguridad de funcionamiento de los equipos y las jornadas de trabajo de los operarios, hacen que en la práctica se proyecte la explotación del recurso por un máximo de 18 horas en vez de 24 horas continuas. La dificultad práctica de utilizar el agua durante la noche, puede compensarse mediante la construcción de tranques o acumuladores nocturnos de agua. Estos embalses almacenan agua durante las horas en que no se está haciendo uso del recurso, permitiendo aumentar el caudal disponible cuando efectivamente se realiza la labor del riego.

5.4. Calidad química y biológica del agua de riego

Los aspectos de calidad del agua de riego se relacionan con la conservación del recurso suelo y la mantención del equipo de riego en óptimas condiciones. También, la calidad química y biológica del agua cobra especial relevancia de manera de responder a mercados internacionales cada vez más exigentes, sometidos a regulaciones de trazabilidad en la cadena productiva.

En el agua de riego, pueden estar disueltas una serie de cationes (calcio, Ca^{2+}; sodio, Na^{+}, magnesio, Mg^{2+}, potasio, K^{+}) y aniones (cloruro, Cl^{-}; sulfato, SO_4^{2-}; carbonato, CO_3H^{-}; bicarbonato, CO_3^{2-}) que se van acumulando en el perfil de suelo. El uso regular de aguas salinas, contribuye a aumentar la salinización del suelo y la consiguiente disminución de la productividad del cultivo. La salinización del suelo determina el incremento del potencial osmótico del mismo, con lo cual se dificulta la capacidad de absorción de agua por parte de las raíces del árbol. Por otro lado, salinidad con alto contenido de sodio y bajo en calcio, induce problemas de estructuración del suelo, que reduce la infiltración de agua en el suelo y puede llegar a causar obstrucción en equipos de riego localizado.

La evaluación de la calidad del agua, se hace por medio de un análisis químico, físico y biológico, a partir de una muestra de agua de riego. Los principales parámetros que definen el riesgo del uso de un determinado tipo de agua son el contenido salino © expresado en g/L y la conductividad eléctrica (CE) en dS/m (C = 0,64 ? CE). A partir de estos parámetros se evalúa el riesgo de salinización de un suelo regado, siguiendo las recomendaciones de FAO (Ayersy *colaboradores*, 1987) incluidas en el Cuadro 5.1.

En general, con contenidos mayores a 2 g/L o con conductividad eléctrica mayor a 3 dS/m, los problemas de salinidad pueden ser muy graves. En este caso, deben implementarse medidas de manejo tales como lavado frecuente de sales.

Contenido salino (g/L)	Conductividad eléctrica (dS/m)	Riesgo
< 0,45	< 0,7	Ninguno
0,45 < C < 2,0	0,7 < CE < 3,0	Ligero a moderado
> 2,0	> 3,0	Alto, severo

Cuadro 5.1. Niveles de riesgo de salinización a partir del contenido salino y la conductividad eléctrica del agua de riego (Ayers y colaboradores, 1976).

De acuerdo a Maas y Hoffman (1977), la máxima salinidad del suelo que tolera el cultivo del tomate es de 2,5 dS/m, con una reducción de cerca del 10% en la producción por cada unidad de incremento de la salinidad por encima de ese límite. También se ha visto que las plantas de tomate que crecen en un medio salino, con más de 4,7 dS/m, sufren alteraciones en su metabolismo y lo reflejan produciendo un sistema radical menor, hojas adultas abarquilladas y hojas jóvenes de color verde más intenso y enrolladas sobre sí mismas, racimos con menor número de flores y frutos de menor tamaño (Nuez, 2001). En estos casos, se necesitará aplicar una fracción de agua adicional a los requerimientos de evapotranspiración (fracción de lixiviación) que puede ascender a 30% o más de la demanda evapotranspirativa.

Por otra parte, a pesar del filtrado riguroso a que se somete el agua de riego en sistemas presurizados, siempre persisten sólidos en suspensión, sustancias disueltas o microorganismos contenidos en el agua de riego que escapan a esta barrera. De esta forma, el material en suspensión puede provocar obstrucciones en los emisores de riego localizado. Estos materiales pueden clasificarse de acuerdo al riesgo de obstrucción, en función de su concentración en el agua de riego, como lo muestra el Cuadro 5.2.

Elemento	Ninguno	Moderado	Grave
Sólidos en suspensión (mg/L)	< 50	50 -100	> 100
Sólidos solubles (mg/L)	< 500	500 - 2000	> 2000
Manganeso (mg/L)	< 0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Hierro (mg/L)	< 0,1	0,1 -1,5	> 1,5
Ácido Sulfhídrico (mg/L)	< 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0
pH	< 7,0	7,0 -8,0	> 2,0

Cuadro 5.2. Riesgo de obstrucción de emisores de riego, de acuerdo a las características físico-químicas del agua de riego (Ayers y colaboradores, 1987).

Además del criterio físico-químico, la calidad microbiológica del agua es de gran importancia tanto para el mercado nacional como internacional. La Norma Chilena (NCh 1333) clasifica como apta para riego, al agua con concentraciones menores a 1.000 coliformes totales por 100 ml, destinadas al cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo (Nisseny *colaboradores*, 2000). Este criterio se ajusta al de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aunque difiere de la legislación de países desarrollados. Por ejemplo, la norma japonesa considera agua apta para riego al agua con concentraciones menores a 50 coliformes totales por 100 ml de agua, en tanto la deCalifornia (EE.UU.) debe contener menos de 2,2 coliformes totales por 100 ml para el riego de cultivos.

5.5. Demanda de agua en el cultivo del tomate

Básicamente, la cantidad de agua que necesita un cultivo de tomates dependerá de la capacidad del suelo para retenerla, la cantidad de precipitación y de la tasa de evapotranspiración del huerto.

En cuanto a la capacidad de retención del suelo, para evaluar la cantidad de agua aprovechable para las plantas, interesa conocer la fracción de agua que está entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Capacidad de campo es el contenido de agua que queda retenida en el suelo luego de que éste se ha regado y dejado drenar libremente por un lapso de 24 a 48 horas y se mide en laboratorio sometiendo la muestra de suelo saturada a una succión de 1/3 de atmósfera.

El punto de marchitez permanente representa el límite inferior del agua retenida por el suelo disponible para la planta, y se mide en laboratorio sometiendo la

muestra de suelo saturada a una succión de 15 atmósferas. De esta forma, descontando el valor de PMP del valor de CC del suelo, es posible calcular la cantidad de agua que retiene un suelo, la que multiplicada por la densidad aparente del suelo (Da) y la profundidad de suelo (Prof), permite determinar la humedad aprovechable del suelo [HA = (CC? PMP) ? Da ? Prof].

En general, los suelos agrícolas que menos agua retienen son los del tipo arenoso, que pueden almacenar del orden de 40 mm de agua en un metro de profundidad de suelo. Un suelo que tenga poca retención de humedad, requerirá riegos frecuentes, con láminas de agua relativamente menores a reponer (tiempos de riego cortos). Por otro lado, suelos arcillosos finos pueden almacenar hasta 200 mm de agua en un metro de suelo, permitiendo riegos de menor frecuencia, pero con mayor carga de agua (tiempos de riego largos).

En términos fisiológicos, a medida que el suelo se deseca, el agua remanente no está igualmente disponible para la planta. La mayor disponibilidad de agua ocurre cuando el suelo está a capacidad de campo, disminuyendo gradualmente a medida que el suelo pierde humedad.

El tomate es extremadamente sensible al estrés hídrico. Independientemente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se verá afectado si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos. El efecto más evidente del estrés hídrico será la reducción del número y tamaño de frutos, aunque con un aumento en lo sólidos solubles del fruto, se registrará una reducción notoria en la calidad del producto que dificultará su comercialización.

Se ha demostrado que en presencia de virus, el estrés hídrico puede agravar la condición del cultivo. En riego por surcos, para evitar el detrimento fisiológico de las plantas de tomate por falta de agua fácilmente disponible, el riego se efectúa cuando se ha agotado cerca del 30% del agua aprovechable. En riego localizado en cambio, se recomienda el uso de riego frecuentes (agotamiento del 10 a 20% del agua aprovechable en el suelo), evitando la saturación del suelo que puede gatillar el ataque de patógenos que afecten al cuello de la planta.

La evapotranspiración del cultivo (ET) estará determinada por factores propios del clima de la zona y por aspectos específicos relacionados con la variedad, período fenológico, densidad de plantación y manejo del cultivo. Para el diseño de un sistema de riego, se debe conocer la evapotranspiración del cultivo de referencia de la zona (ETo). Al respecto, existen publicaciones nacionales que entregan valores medios mensuales de ETo para las principales localidades del país. Debe tenerse especial precaución para que el sistema satisfaga los requerimientos de ETcde los meses de máxima demanda del cultivo.

A nivel de campo, y con el fin de registrar la ETo de un determinado sitio, se recurre usualmente a dos tipos de medición: mediante el cómputo diario de ETo a partir de registros meteorológicos, o a partir de la evaporación de bandeja. Cuando se decide implementar una estación meteorológica para el cómputo de la ETo, se requiere registrar radiación solar, temperatura, presión de vapor o humedad relativa y velocidad del viento (Figura 5.1). Estos datos se integran generalmente en la ecuación FAO 56 Penman-Monteith. En Chile, existe una amplia red de estaciones meteorológicas que pueden revisarse en el sitio www.agromet.cl.



Figura 5.1. Estación meteorológica.

Si se dispone de un evaporímetro de bandeja Clase A, es necesario adaptar los registros de evaporación del sitio en que está emplazado el instrumento, multiplicando la altura de agua diaria de evaporación de bandeja (EB) por un coeficiente de bandeja (Kb). En general, este coeficiente fluctúa entre 0,6 y 0,9, siendo 0,7 el valor más usado en Chile, que corresponde a una situación de emplazamiento de la bandeja rodeada de césped regado (Figura 5.2).



Figura 5.2. Evaporímetro de bandeja Clase A.

5.5.1. Coeficientes de cultivo

Para determinar la demanda del cultivo (ETc), es necesario multiplicar el término ETo por el valor del coeficiente de cultivo (Kc) para el tipo, variedad y densidad de plantación del tomate.

Existen varias fuentes que reportan coeficientes de cultivo, aunque el propio productor puede validar y ajustar sus propios Kc de acuerdo a su experiencia y manejo específico.

El coeficiente de cultivo FAO (*) para tomates es:

- 0,7 para la etapa inicial.
- 1,15 para la etapa media.
- 0,70 a 0,90 para la final.

(*) Allen y colaboradores, 1998.

En el Cuadro 5.3, se presenta un resumen de la duración de las etapas fenológicas publicadas en FAO 56, para tomate (Allen y colaboradores, 1998), con diferente propósito, en dos áreas agroecológicas. Cabe destacar que la duración de estas etapas puede reducirse o extenderse dependiendo de múltiples factores, entre los que destacan las prácticas de poda, el uso de variedades indeterminadas y el uso de portainjertos.

Zona	Inicial	Desarrollo	Media	Final	Total
Tipo mediterránea	35 días	40 días	50 días	30 días	155 días
Tipo árida	25 días	40 días	60 días	30 días	155 días

Cuadro 5.3. Duración de la etapa fenológica para tomate (Allen y colaboradores, 1998).

En términos generales, para optimizar el manejo del riego en tomates, es conveniente realizar una programación preliminar basada en la mejor estimación que se tenga disponible de la ETc, obtenida de la EB o ETo, calculada a partir de un evaporímetro de bandeja o de una estación meteorológica y de un Kc adecuado a las condiciones agronómicas con que se maneja el cultivo.

Una vez aplicado cierto criterio de riego en terreno es conveniente apoyar la programación con algún método o instrumental para decidir la aplicación, duración y frecuencia de riego.

Las necesidades netas (NN) de riego estimadas para la zona central fluctúan en general entre 1.500 y 6.000 m^3/ha, dependiendo de la zona, de la variedad, del uso de cubiertas plásticas, del uso de mallas antiáfidos y la pluviometría del año de cultivo, entre otras.

A partir de las necesidades netas de un cultivo, es posible determinar las necesidades brutas de riego, al considerar la eficiencia del sistema de riego (NB = NN / Eficiencia de riego). Por ejemplo, considerando una necesidad neta de 4.500 m^3/ha, si se riega por goteo (eficiencia del 90%) se requerirán 5.000 m^3/ha de agua de riego. En la misma zona de cultivo y variedad, regando por surcos se requerirán 10.000 m^3/ha (eficiencia del 45%). Debe tenerse en cuenta que el cultivo de tomate bajo plástico, malla antiáfido o invernadero, ha demostrado tener requerimientos hídricos del orden de 1/3 a los que tendría el mismo cultivo al aire libre. De esta forma, la estimación de requerimientos hídricos por medio de estos coeficientes pierde importancia y debe colocarse el énfasis en el monitoreo del agua en el suelo para ajustar la programación de riego.

Está demostrado que la tecnificación del riego mejora la eficiencia del uso del agua en forma considerable. Tradicionalmente, el tomate se regaba por surcos, con una eficiencia de riego estimada en 45%. Sin embargo, evaluaciones de campo indican que este nivel de eficiencia difícilmente se alcanza en riego por surcos y que en la práctica este valor fluctúa entre 25% y 35%. En la actualidad, el riego por surcos está totalmente desaconsejado para el cultivo bajo plástico o malla antiáfido, ya que genera condiciones de alta humedad relativa que gatilla enfermedades en las plantas. De esta forma, se reserva el uso del riego por surcos para el cultivo de tomate al aire libre, exclusivamente.

5.6. Tecnificación del riego en el cultivo del tomate

Para mejorar la eficiencia de riego en surcos, el principal cuidado será el control del tiempo de aplicación de agua de riego, asegurando que el agua llegue a la profundidad de raíces de las plantas de tomate (puede alcanzar hasta 1 metro de profundidad) a lo largo de todo el surco de riego.

En la práctica, un riego por surcos eficiente debe diseñarse antes de la siembra o trasplante, de manera de ajustarse al largo de surcos recomendado, lo que depende de la velocidad de infiltración de agua en el suelo, lo que se relaciona estrechamente con la textura de suelo. En general, en tomates se recomienda el uso de surcos cortos (60 a 80 metros) en suelos arenosos y surcos relativamente largos (120 a150 metros) en suelos arcillosos.

En este cultivo es importante no sobre saturar las mesas o surcos de riego, ya que el exceso de agua favorecerá el desarrollo de pudriciones en el cuello de la planta. Cuando la salinidad sea un problema, el trasplante del tomate en el medio del camellón (evitando la parte más alta), permitirá que las sales afecten en menor grado al cultivo. También se ha probado que el riego de surcos alternadamente, favorece el desplazamiento de sales evitando afectar al cultivo.

En Chile, uno de los principales problemas detectados en riego por surcos es la falta de acondicionamiento mínimo del terreno para el riego superficial, que incluya el emparejamiento del suelo. En general, movimientos de tierra de hasta 300 m^3/ha son considerados viables económicamente, con el objetivo de dejar el suelo con una pendiente uniforme que facilite la conducción de agua por las regueras y el escurrimiento del agua a lo largo del surco de riego. Una tecnificación del riego más avanzada, en riego superficial, es el reemplazo de acequias de cabecera por un sistema de mangas o tuberías a baja presión.

A este sistema, puede acoplarse un sistema de control de pulsos de riego que puede permitir aumentar la eficiencia de riego hasta 65% (Figura 5.3). Se ha visto que con riego por surcos, el agrietamiento en suelos arcillosos puede causar problemas con *Phytophthora*, ya que el agua tiende a moverse por las grietas saturando el camellón donde está la planta. Para reducir este problema, se recomienda el riego frecuente en este tipo de suelos cada 4 a 5 días, con tiempos cortos que impidan el agrietamiento del suelo.



Figura 5.3. Riego por pulsos en cultivos hilerados.

En las últimas décadas, el cultivo de tomates bajo plástico o malla antiáfido e incluso al aire libre, incluye el riego por goteo, con eficiencias potenciales del orden de 90%. Esta tecnología permite al agricultor prácticamente doblar la superficie que cultivaba antes por surcos. Además, mediante el riego localizado, el productor puede controlar de forma eficiente la cantidad de agua aplicada, pudiendo implementar sistemas de inyección de fertilizantes e incluso pesticidas disueltos en la línea de riego. Por otro lado, la incidencia de malezas y el control de plagas y enfermedades se ve favorecido al poder controlar el agua aplicada o dirigirla hacia la zona de raíces.

5.7. Monitoreo y control del riego

La programación del riego generalmente se basa en la medición directa o en cálculos de balance de agua en el suelo. En estos últimos, se efectúa un balance en el que el cambio en contenido de agua en el suelo en un determinado tiempo, está dado por la diferencia de entradas de agua al sistema (riego más precipitación) y las pérdidas (escorrentía superficial, más drenaje, más evapotranspiración).

Existe una amplia disponibilidad de instrumentos y equipos que permiten controlar el contenido de agua en el suelo: tensiómetros (Figura 5.4), bloques de yeso (Figura 5.5) y otros basados en capacitancia. Es conveniente recordar que el suelo es heterogéneo y se requerirá de un buen número de sensores para representar en forma adecuada el contenido de agua en el suelo.



Figura 5.4. Tensiómetros.



Figura 5.5. (Izquierda) Bloques de yeso. (Derecha). Sensores de capacitancia.

Se debe comprobar que el agua en la labor del riego ha sido capaz de infiltrar adecuadamente en el perfil de suelo, en toda la extensión del surco y a la profundidad en que crecen las raíces. Se pueden plantear diferentes técnicas de monitoreo, siendo la más elemental la exploración del suelo mediante calicatas o barreno (Figura 5.6), verificando por medio del tacto el grado de humedad del suelo.

También se puede emplear el tensiómetro, que es un instrumento que mide la fuerza con que está siendo retenida el agua en la matriz del suelo. Este instrumento, cuando marca entre 0 y 5 centibares (cb), indica que el suelo está recién regado y se encuentra cercano a saturación. El suelo requiere riego en el cultivo de tomates si su lectura está entre 15 y 20 cb en riego por goteo o cuando marca entre 25 y 30 cb en riego por surcos.




Figura 5.6. Monitoreo de humedad de suelo mediante barreno y calicatas.

Técnicas de monitoreo más sofisticadas se basan en la capacitancia del suelo, tales como sondas FDR (Frequency Domain Refrectometry) y TDR (Time Domain Refrectometry). La sonda capacitiva está compuesta por una barra sobre la cual está impreso un circuito eléctrico que conecta sensores. Éstos se pueden montar cada 20 centímetros hasta una profundidad de unos 100 cm en el caso de tomates. Una estación de monitoreo puede constar de 1, 2 ó 3 sondas, que registran el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades de suelo.

Cabe destacar que todos los sensores de agua en el suelo deben instalarse en la zona del bulbo húmedo, cercano al lateral o cinta de riego.

5.8. Períodos fenológicos críticos de riego

Como se revisó anteriormente, el cultivo del tomate es muy sensible tanto al exceso como al déficit de riego. Sin embargo, pueden definirse algunos períodos críticos, en que la falta de agua determinará fuertes pérdidas en el rendimiento comercial del cultivo.

- **Pre-plantación a pre-floración:** durante este período, el requerimiento de evapotranspiración es bajo y consiste fundamentalmente en evaporación directa desde el suelo.

- **Floración a cuaja de frutos:** el follaje del cultivo se desarrolla rápidamente entre floración y cuaja de frutos, fenómeno que ocurre en paralelo en la mayor parte de las variedades cultivadas. El requerimiento de agua del cultivo es reducido al inicio de esta etapa, pero aumenta para llegar al máximo al final de este período. Debe mantenerse el suelo cercano a capacidad de campo (10 a 15 cb de tensión), en los primeros 50 cm de profundidad de sue-

lo. Para ello, se recomienda regar frecuentemente en riego localizado y cada 4 ó 5 días en riego por surcos, dependiendo de la demanda atmosférica.

Bibliografia consultada

Ayers, R. S.; Westcot, D. W. La calidad del agua para agricultura (Estudios FAO: Riegos y Drenajes nº 29). Roma: Re. FAO. 1987. 174 p.

Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1976. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.

NORMA CHILENA OFICIAL Nº 1.333/78 Aprobada por D.S. MOP Nº 867/78 (D.O. 22.05.78).

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.

Maas, E.V. & Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. and Drainage Div., ASCE 103 (IR2): 115-134.

Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa Libros Gandhi. ISBN: 84-7114- 549-9. México D.F. 797 p.

CAPĪTULO 6.

CONDUCCIÓN Y PODA EN TOMATE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Juan Pablo Martínez C.
Ing. Agrónomo,Dr.
INIA La Cruz

Luis Salinas P.
Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

6.1. Introducción

La conducción y poda del tomate se realiza de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad y el potencial productivo del cultivo. El propósito de estos manejos es maximizar la eficiencia del uso de la luz (EUL) por parte de la planta, para que todas sus hojas reciban la luz a lo largo de su perfil y la conviertan en asimilados (carbohidratos) que se transporten principalmente al fruto. A través de un adecuado y equilibrado manejo de conducción y poda se reduce el sobramiento e incrementa la aireación entorno al cultivo, obteniendo un mayor rendimiento y calidad de fruta.

6.2. Hábito de crecimiento

Se diferencian dos tipos de tomates de acuerdo a su hábito de crecimiento: determinados e indeterminados.

Tomates determinados. El crecimiento determinado se produce cuando en el ápice caulinar detiene el desarrollo formando dos inflorescencias consecutivas (Figura 6.1). El crecimiento es a baja altura denominándose “tomate botado”. La finalidad de este tipo de tomate es para uso industrial como los tomates para salsa y en algunas variedades para consumo fresco (Figura 6.1). Generalmente el sistema de riego en este tipo de tomate es por surcos, el cual se desplaza a medida que crece la planta (Figura 6.2), ya que se debe mantener secos los frutos y tallos para reducir las pérdidas por pudrición.

Crecimiento determinado

cada ápice caulinar se determina: 2 inflorescencias consecutivas

Figura 6.1. (A) Esquema del hábito de crecimiento de planta de tomate determinado o tomate "botado". (B) Frutos de tomate botado. (C) Cultivo de tomate botado.

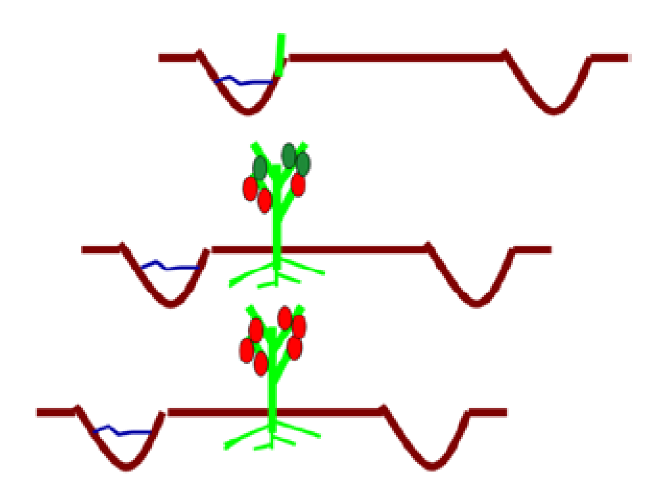


Figura 6.2. Sistema de riego por surco en una plantación de tomate determinado.

Tomates indeterminados. El crecimiento indeterminado se produce cuando el ápice caulinar crece en forma consecutiva ("n" simpodios) (Figura 6.3). El crecimiento es guiado o tutorado hasta alcanzar una altura que dependerá del nivel productivo del cultivo, deteniendo su crecimiento a través del despunte. Dentro de este tipo de tomates se encuentra la mayoría de variedades utilizadas para consumo fresco. Dado que este tipo de plantas crece de forma indeterminada se debe "colgar" la planta para facilitar su manejo y conducción.

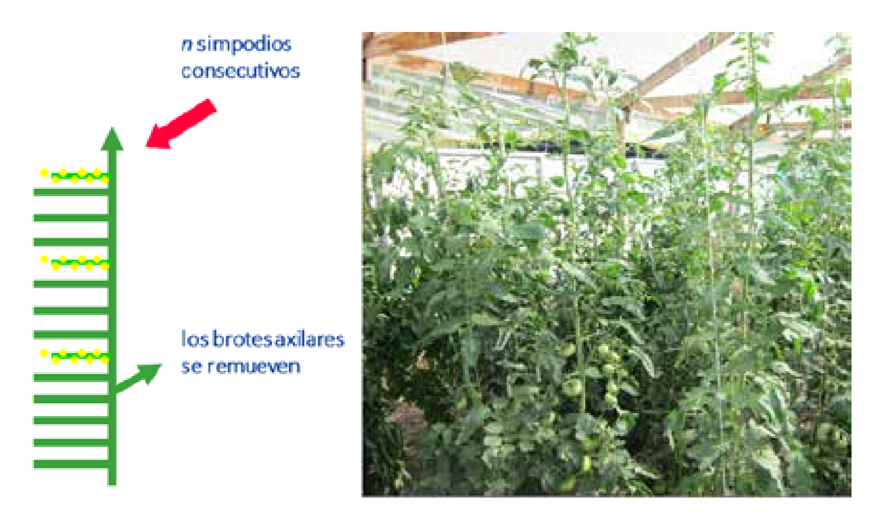


Figura 6.3. (A) Esquema de crecimiento de planta indeterminada. (B) Plantas de tomate cultivadas en invernadero de crecimiento indeterminado.

6.3. Conducción

El tomate es una planta herbácea decumbente, es decir, que no puede soportar su propio peso, por lo tanto en las variedades indeterminadas se hace necesario utilizar un sistema de conducción vertical, lo que permite mayor exposición de la planta hacia la luz y un mejor aprovechamiento del espacio dentro del invernadero. Además, facilita la realización de manejos agronómicos y fitosanitarios del cultivo, con el propósito de obtener un mayor potencial productivo.

La conducción de la planta se realiza con una "cinta gareta", anudada desde la base del tallo y enrollada a lo largo de la planta a medida que va creciendo y que se amarra a una estructura de alambre, que a la larga, sostiene el peso de las plantas del invernadero. Una variación en este manejo es la conducción de las plantas en forma de "V", que consiste en orientar una planta a la izquierda y

la siguiente a la derecha. Con este sistema se logra una mayor aireación y mejor llegada de luz al cultivo (Figura 6.4).



Figura 6.4. Sistema de conducción en hilera simple a un eje en forma de “V”.

6.4. Poda

La poda tiene como propósito lograr un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (frutos). Asimismo, optimiza el espacio y reduce problemas sanitarios, obteniendo mayor precocidad, entre otros. Los sistemas que se usan son variados, pero en esencia responden a dos criterios: dejar la producción en ramas laterales o en el eje principal.

6.4.1. Poda de formación

Dentro de los manejos de formación que se realizan a la planta de tomates destaca la poda, la cual consiste en la eliminación de los brotes laterales que salen desde las axilas de las hojas, dejando solamente el eje principal de la planta. Las plantas de tomate se pueden manejar a 1, 2, 3 y 4 ejes, dependiendo del vigor de la variedad, ya sea por la utilización de portainjerto o variedades vigorosas (Figura 6.5).

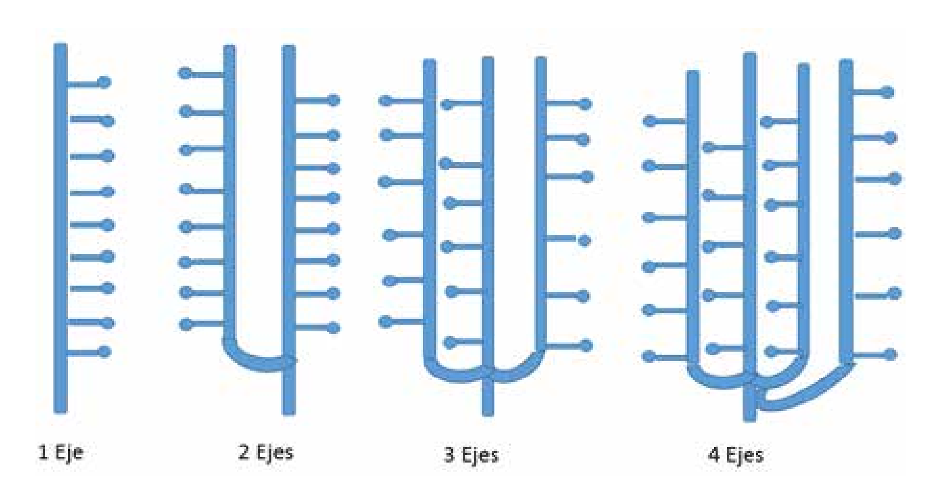


Figura 6.5. Esquemas de sistemas de conducción con 1, 2, 3 y 4 ejes.

6.4.1.1. Poda a un eje

Este tipo de poda es común en Chile y tiene como propósito obtener una producción más concentrada. Se deja solamente el eje central eliminando los brotes laterales que salen en la zona de la axila de las hojas. También existe la posibilidad de realizar una variante en este tipo de poda llamada eje modificado, la cual consiste en dejar crecer el brote lateral por sobre el primer racimo floral y, una vez que este nuevo brote genere su primer racimo, se despunta en la segunda hoja sobre el racimo (Figura 6.6).

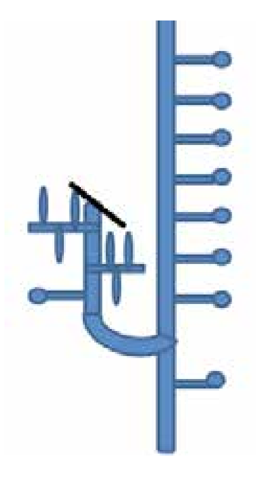


Figura 6.6. Esquema planta a un sólo eje, más un eje modificado.

6.4.1.2. Poda a dos o más ejes

En este caso, el eje principal no se poda. Se deja crecer un brote que sale por debajo del primer racimo el cual se guía, se desbrota y se maneja de la misma forma que un eje simple y que el eje principal.

En el caso de la producción a 3 y 4 ejes se puede repetir el mismo manejo anterior en el eje secundario. Sin embargo, lo más utilizado actualmente es que en la plantinera se realice un pinzado al plantín, definiendo la cantidad de ejes que se requiere en la planta. La planta al producir más de 1 eje provocará competencia entre ellos, lo que conlleva a un leve retraso en la producción. Por esto, se recomienda hacer este manejo en períodos que permitan un mayor tiempo de crecimiento y producción. Además, este manejo es más costoso, ya que requiere una mayor mano de obra y, debido a que posee una alta producción de biomasa foliar, es muy importante realizar oportunamente las labores de poda y conducción.

Este sistema de conducción se está utilizando cada vez más en Chile, ya que permite aumentar los rendimientos por planta y del cultivo, además de reducir los costos en cuanto a número de plantas por hectárea. Sin embargo, es recomendable realizar este tipo de manejo cuando se cuenta con las condiciones adecuadas como temperaturas moderadas y humedad relativa baja, para promover una buena ventilación y evitar la proliferación de enfermedades.

6.4.1.3. Poda de brotes

Este manejo consiste principalmente en la eliminación de brotes axilares o secundarios a lo largo de la planta, para dejar sólo al eje (s) principal (es), con el fin de mantener la arquitectura de la planta, generando un equilibrio entre el volumen de materia vegetal y el volumen de aire dentro del invernadero.

La poda de brotes se realiza en forma periódica a lo largo del cultivo y se puede hacer manualmente cuando los brotes son menores a 10 cm. Cuando son más grandes, es recomendable la utilización de herramientas como tijeras finas. Se recomienda realizar estas labores en la tarde, ya que en este horario existe una alta temperatura entre 20 y 25°C y una humedad ambiental bajo el 50%, lo que permite una cicatrización más rápida de las heridas del corte de los brotes, y de esta forma, se disminuye el porcentaje de ocurrencia de enfermedades.



Figura 6.7. (A) Planta con brotes axilares. (B) Planta con brote extraído.

6.5. Eliminación de hojas

La eliminación de hojas es un manejo que se realiza con el objetivo de mejorar la entrada de luz y la aireación del cultivo, para incrementar la productividad y evitar la proliferación de enfermedades por exceso de follaje y humedad. También se realiza deshoje en hojas viejas que se encuentran por debajo del último racimo cosechado, ya que no cumplen una función fisiológica importante en la planta. Además, son fuentes potenciales de inóculo de enfermedades y plagas para el cultivo, tales como polilla del tomate (*Tuta absoluta*) y moho gris (*Botrytis cinerea*).

Este deshoje se realiza cortando completamente la hoja desde la base del pecíolo y luego debe ser eliminado de las cercanías del invernadero. (Figura 6.8). Se sugiere realizar este manejo en horas de la tarde con temperaturas entre 20 y 25°C y humedades bajas de alrededor de 50% para disminuir la ocurrencia de enfermedades.



Figura 6.8. Manejo de deshoje en planta de tomate.

6.6. Despunte

Este manejo es utilizado para detener el crecimiento de la planta, a través de la eliminación del ápice de crecimiento cortando el brote apical del eje principal. Este manejo ayuda a controlar la altura de la planta y la cantidad de racimos que se desean producir, con el propósito de incrementar y homogenizar calibre, como también adelantar la maduración del fruto (precocidad). El despunte se realiza en una o dos hojas sobre el último racimo (Figura 6.9), con el propósito de evitar el daño por golpe de sol.

En variedades comerciales indeterminadas conducidas a un eje, este manejo se realiza desde el 5° hasta el 8° racimo. En sistemas de conducción de dos ejes y cuando las condiciones agroclimáticas lo permiten, el tomate franco e injertado de Arica o, en sistemas productivos de alta tecnología (invernaderos metálicos de 8 m de altura) se despunta entre los 15 y 18 racimos. En el caso del tomate

injertado en Quillota, se utilizan sistemas de conducción a 4 ejes donde el despunte se realiza entre 4to y 6to racimo.



Figura 6.9. Manejo de despunte de planta.

6.7. Raleo de frutos

Este manejo se realiza para homogenizar e incrementar calibre de los frutos, ya que los racimos podrían producir más de seis flores (potenciales frutos). El criterio para eliminar o ralear las flores de un racimo es descartar las flores menos

vigorosas (distales) dejando las más grandes. De esta forma se regula una carga adecuada para lograr el rendimiento apropiado, de acuerdo al estado fisiológico de la planta (Figura 6.10).

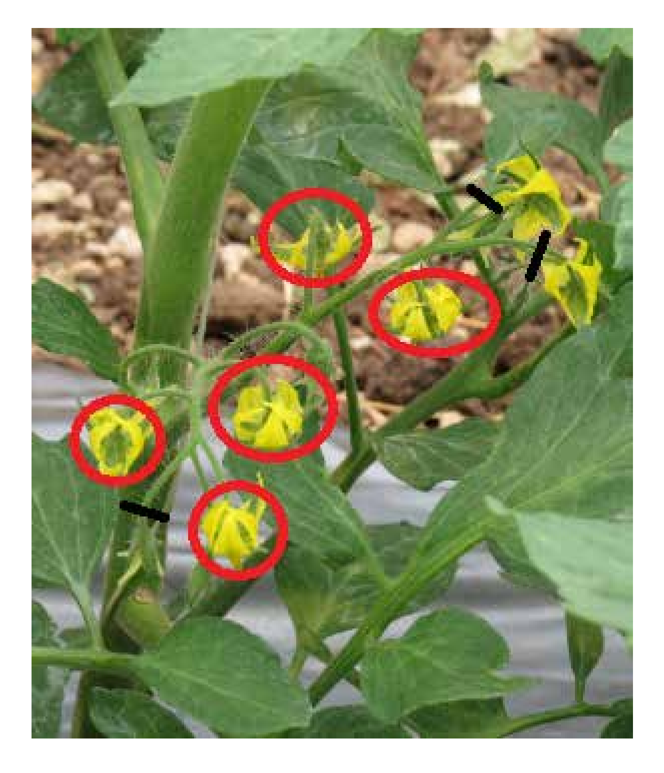


Figura 6.10. Racimo de tomate en flor para descole o raleo.

Bibliografía consultada

Escaff M. 1993. Tomates: variedades, almácigos y manejo de la planta. Curso internacional “Producción de hortalizas protegidas bajo plástico”. Inia La Platina, Santiago, Chile.

Escaff M.; Estay P.; Bruna A.; Gil P.; Ferreyra R.; Maldonado P. y Barrera C. 2005. Cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín INIA N° 128. Inia La Platina, Santiago, Chile.

Sepúlveda R; González V y Ardiles S. 2013. Poda y deshoje en cultivo de tomate bajo malla antiáfido en el valle de Azapa. Informativo N° 77, INIA Ururi, Arica, Chile.

CAPĪTULO 7.
POLINIZACIÓN DEL TOMATE BAJO INVERNADERO

Fernando Rodrīguez A.
Biólogo, Mag.
INIA La Cruz

7.1. Introducción

Las flores de tomate en cultivos al aire libre necesitan ser sacudidas para liberar su polen. Esto lo realizan en forma natural las masas de aire que se mueven, como la brisa o el viento, pero también lo hacen muy bien los insectos polinizadores que zumban, como los abejorros. Sin embargo, en cultivos de tomate bajo invernadero, túneles o malla, las corrientes de aire son de menor intensidad y la presencia natural de insectos polinizadores es reducida, en parte porque la flor del tomate no produce néctar, por lo que no se genera un adecuado movimiento de la flor y la polinización no es efectiva. Para resolver este problema, han sido desarrolladas diferentes tecnologías que incrementan la polinización del tomate. Entre ellas se encuentran vibradores eléctricos para la planta, sopladores de aire, aspersión de agua pulverizada sobre las flores, vibraciones de los tutores de alambre, aplicaciones de agroquímicos y más recientemente, el uso de colmenas del abejorro *Bombus terrestres* (Figura 7.1).



Figura 7.1. *Bombus terrestris.*

7.2. Polinización y fecundación

El tomate (Solanum lycopersicum) es una planta que en sus flores desarrolla el polen, en cuyo interior se originan los gametos masculinos que posteriormente fecundarán a los óvulos (gametos femeninos). La morfología y fisiología de sus flores permiten que en más del 95% de las veces se produzca la polinización; proceso por el cual los granos de polen maduros se transportan desde los sacos polínicos, ubicados en las anteras de los estambres (o parte masculina de la flor), hasta el estigma que es parte del pistilo y que constituye la parte femenina de la flor (Figura 7.2).

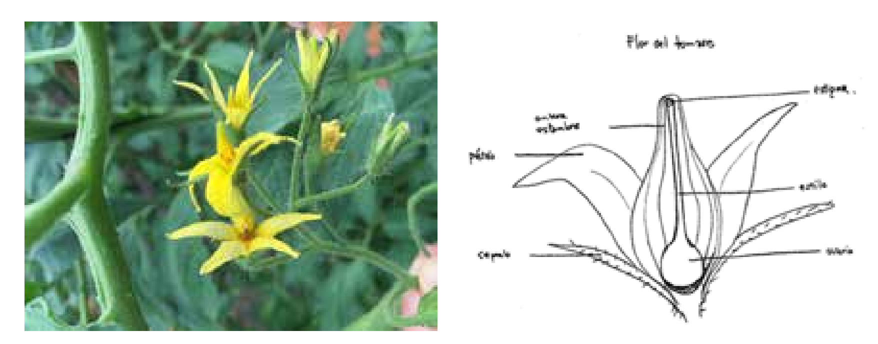


Figura 7.2. Flor de tomate. (Izquierda) Flor real. (Derecha) Esquema.

En la flor del tomate los estambres están muy desarrollados y forman un tubo cónico que encierra al pistilo (Figura 7.2). Es por ello que ocurre principalmente la autopolinización. Esto significa que sólo los gametos masculinos presentes en el polen de una flor son los que llegan al estigma de la misma. Cuando la flor del tomate se encuentra abierta, basta una vibración lo suficientemente intensa, para que los granos de polen caigan sobre el estigma. En ese lugar, los granos de polen germinan y forman el tubo polínico, que permitirá avanzar a dos gametos haploides hasta el saco embrionario, donde uno de ellos fecundará a un óvulo produciendo un cigoto diploide. El 2° gameto masculino se fusionará con otras células presentes en el saco, para originar el tejido nutritivo o endosperma, para el desarrollo del embrión y que posteriormente será parte de la semilla, la que influirá en el tamaño, forma y calidad final del fruto.

7.2.1. Variables que afectan la floración y polinización

Existen diversos factores que afectan la floración del tomate, entre los que se encuentran la temperatura, la humedad relativa y, en menor medida, la luminosidad. Cuando se cultiva tomate en invernadero, particularmente fuera de temporada, estos factores eventualmente pueden limitar el desarrollo de los procesos de inducción floral, polinización, fecundación y cuaja (Figura 7.3).



Figura 7.3. Fruto de tomate cuajado.

7.2.1.1. Temperatura

Es el factor más importante. El rango óptimo para que ocurra la floración del tomate va de 18 a 25°C. Cuando la temperatura supera 35°C se produce aborto floral y cuando es menor a 13°C se producen problemas de cuaja y se obtienen frutos deformes.

7.2.1.2. Humedad relativa

Se ha señalado que el rango óptimo para una adecuada polinización se encuentra entre el 60 a 70% de HR. Valores superiores ocasionan una compactación del polen que dificulta la polinización y una humedad relativa inferior a 60% reduce la fijación del polen al estigma de la flor al momento de la polinización.

7.2.1.3. Luminosidad

La floración no es sensible al largo del día, por tanto, el tomate es considerado una planta de día neutro. No obstante, se requiere un nivel de luminosidad mínimo durante un tiempo determinado para que aparezca y se desarrolle el primer racimo floral. En general, las plantas de tomate que crecen en ambientes de baja luminosidad reducen su número de flores.

7.2.2. Polinización con abejorros

El uso del abejorro *B. terrestris* se consolida en 1985, cuando en Bélgica se descubre el valor de esta especie para la polinización de tomate en invernadero. Dos años más tarde se funda Biobest, la primera empresa de producción comercial de abejorros en el mundo, que permitió producir colmenas durante todo el año. Esta iniciativa pronto fue seguida por muchas otras empresas en diferentes países.

El rápido incremento en el uso de abejorros ha sido explicado por:

- Menor costo en comparación a la polinización mecánica, principalmente en el ítem mano de obra y equipos.

- El nivel de visitas del abejorro a las flores puede ser fácilmente monitoreado, porque cuando visitan una flor, con sus mandíbulas se agarran del cono que forman las anteras y dejan marcas visibles de las mordeduras de color marrón sobre la estructura amarilla de los estambres (Figura 7.4).



Figura 7.4. Marca de mordedura en la flor por abejorro.

- El uso del abejorro para polinizar el tomate produce un aumento del rendimiento y fruta de mayor calidad, con el consecuente mejor precio y rentabilidad. Los abejorros visitan las flores cuando están fisiológicamente en condiciones de ser polinizadas, lo que probablemente es mediado por sustancias químicas emitidas por la planta. El abejorro en la flor del tomate busca el polen como fuente de proteínas para alimentar las larvas de su colmena (Figura 7.5).



Figura 7.5. *Bombus terrestris* en flor de tomate.

- El uso de alternativas a los plaguicidas para la protección de cultivos como el parasitoide Encarsia formosa para el control de la mosquita blanca de los invernaderos, principal plaga del tomate en invernadero. Esta condición permitió que el cultivo del tomate se desarrollara en un sistema más sustentable con la incorporación de tecnologías de control biológico de plagas y enfermedades, lo que permite mantener mejores condiciones ambientales para el desarrollo y actividad de las colonias del abejorro, contribuyendo a la obtención de un producto más seguro y un medio ambiente más limpio.

7.2.2.1. Especies de abejorros

Principalmente son cinco las especies de abejorros que se utilizan hoy para la polinización de cultivos en el mundo. Los más importantes son *Bombus terrestris* originaria de Eurasia y *Bombus impatiens* de América del Norte. En Chile existen tres especies: *B. dahlbomii* (nativa de Chile y Argentina), *B. ruderatus* (introducido de Nueva Zelandia) y *B. terrestris* (introducido de Israel y Bélgica). No obs-

tante, como resultado de su introducción en nuevas áreas, existen antecedentes de su establecimiento y amplia distribución en áreas naturales, como lo ocurrido en Chile con B. terrestris y sus probables interacciones y/o competencia con al menos el abejorro nativo *B. dahlbomii*, especie que ha sido estudiada por el INIA, desarrollándose un procedimiento de producción masiva para su uso en la polinización de especies hortofrutícolas en Chile y el mundo.

7.2.2.2. Colmenas comerciales de B. terrestris

Las colonias de *B. terrestris* que ofrecen las empresas productoras y distribuidoras de este insumo vienen en cajas de cartón o plástico, especialmente diseñadas para su transporte, manipulación, ventilación y desarrollo de la colonia durante el tiempo que requiera la polinización (Figura 7.6). La experiencia indica que es recomendable su reposición después de 4 a 6 semanas, lo que depende del manejo del cultivo, principalmente en lo relativo a las aplicaciones de agroquímicos y condiciones ambientales de luz, humedad y temperatura. Inicialmente las colmenas vienen con una reina, 50 a 60 obreras y el nido o cría (huevos, larvas y pupas). Además, cuenta con una provisión de azúcar diluida en agua suficiente para su subsistencia.



Figura 7.6. Colmena de *Bombus terrestris* en tomate.

El número de colmenas que se recomienda usar en invernaderos de tomate es una colmena por cada 2.000 a 3.000 m^2 de cultivo, dependiendo de la variedad de tomate, densidad de plantación, estación del año y manejo del cultivo. También se utiliza la recomendación de una colmena cada 3.500 a 5.000 plantas, dependiendo de las variables indicadas.

7.2.2.3. Recomendaciones para el manejo, transporte e instalación de colmenas

- Evitar agitar las colmenas durante su transporte, manipulación o instalación.

- Disponerlas sobre un soporte adecuado o caseta, en posición horizontal y a una altura cercana a 1 m del suelo en lugar despejado, protegido del agua y la radiación directa del sol.

- De preferencia se deben instalar durante la mañana, dejándolas reposar cerca de una hora antes de abrir las puertas (orificio) de salida/entrada, cuando las aberturas de ventilación estén cerradas.

- Monitorear la presencia de hormigas para evitar su ingreso a la colmena.

- Retirar las colmenas con los abejorros en su interior cuando sea indispensable usar agroquímicos en el invernadero y mantenerlas en otro sitio con temperaturas entre 18 a 20°C. Consultar con el proveedor la compatibilidad de abejorros con los agroquímicos que utilizará.

- Se recomienda monitorear las marcas que dejan los abejorros en las flores abiertas para controlar la efectividad polinizadora de las colmenas. Ésta debe ser superior al 80%.

7.2.2.4. Efectividad polinizadora de las colmenas

Si se determina que la proporción de flores abiertas marcadas por los abejorros no sobrepasa el 50%, se sugiere revisar los siguientes aspectos:

- Las colmenas están terminando su ciclo y ya no hay larvas que alimentar con polen, por lo tanto, las colmenas deben ser reemplazadas.

- Agotamiento de la provisión de azúcar que se requiere para mantener activa la colonia. Los insectos la requieren para su desarrollo y actividad. Se deben alimentar con azúcar diluida.

- Disminución del polen disponible en las flores, debido principalmente a los factores ambientales temperatura y humedad.

- Insuficientes colmenas en el invernadero o de calidad reducida en cuanto a cantidad de obreras y/o larvas, lo que puede afectar la polinización.

- Temperaturas ambientales superiores a 27°C, limitan la actividad de los abejorros.

Bibliografía consultada

Escaff, M., P. Gil, R. Ferreyra, P. Estay, A. Bruna, P. Maldonado y C. Barrera. 2005. El cultivo del tomate en invernadero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA 128. 79 p.

Estay, P. 2007. *Bombus* en Chile: especies, biología y manejo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Colección libros INIA 22. 82 p.

Estay, P., A. Wagner y M. Escaff. 2001. Evaluación de *Bombus dahlbomii* (Guér.) como agente polinizador de flores de tomate (*Lycopersicon esculentum* (Mill.), bajo condiciones de invernadero. Agric. Téc. (Chile) 61(2):113-119.

Montalva, J., M. Kalin y L. Ruz. 2008. *Bombus terrestres* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae: Bombini) en Chile: causas y consecuencias de su introducción. Revista del Jardín Botánico Chagual. Año VI, Nº 6: 13-20.

Sepúlveda R., V. González, y S. Ardiles. 2014. Manejo de colmenas (*Bombus terrestris*) bajo malla antiáfido. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Ururi. Informativo 89. 2 p.

Velthuis H. y A. van Doorn. 2006. A century of advances in bumble bee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie 37. 421-451. INRA/DIB-AGIB/ EDP Sciences, 2006. DOI: 10.1051/apido:2006019.

CAPÍTULO 8.

INSPECCIÓN Y REGULACIÓN DE PULVERIZADORES AGRÍCOLAS PARA HORTALIZAS DE INVERNADERO

Patricio Abarca R.
Ing. Agrónomo, M. Sc.
INIA Rayentué

Jorge Riquelme S.
Ing. Agrónomo, Dr.
INIA Raihuén

8.1. Introducción

En la actualidad, el uso de plaguicidas (también llamados biocidas, pesticidas, agroquímicos, fitosanitarios) es una de las prácticas más habituales en la agricultura convencional para combatir organismos perjudiciales. El no uso de ellos en muchos cultivos, perjudicaría considerablemente la productividad y calidad de los alimentos provenientes de frutales, hortalizas y praderas, principalmente por daños ocasionados por plagas (insectos y ácaros) y enfermedades (hongos, bacterias y virus) e incluso por el no control de malezas en los huertos.

La labor de una pulverización es una tarea compleja pese a ser una práctica habitual y periódica en muchos huertos, ya que ésta puede carecer de eficiencia y presentar irregularidades en su uso, reduciendo el control, aumentando los costos y contaminación medioambiental.

Actualmente un gran número de productores agrícolas no saben con exactitud todos los parámetros que deben considerar para lograr resultados eficientes en la aplicación de un producto, desconociendo la estrecha relación entre el equipo pulverizador, el cultivo, el plaguicida, las condiciones climáticas y el organismo a controlar.

Entre los principales problemas asociados al uso de plaguicidas destacan: la resistencia de organismos a un ingrediente activo; baja eficiencia de control por aplicaciones en momentos inapropiados; elevados volúmenes de aplicación sin considerar el tipo de maquinaria, la condición del cultivo o el tipo de tratamiento, repercutiendo en un alto costo y contaminación medioambiental; por último,

intoxicación de aplicadores y trabajadores agrícolas. Todos estos factores son el reflejo del desconocimiento de quienes utilizan los plaguicidas y de la ausencia de aspectos legales que ayuden a la eficiencia del uso de estas sustancias, como mejoramiento de la información de etiquetas de plaguicidas e incorporación de inspecciones obligatorias de equipos de aplicación, entre otros.

8.2. Aplicación de plaguicidas para tomates de invernaderos

La eficiencia de las aplicaciones de plaguicidas depende de una serie de factores. La despreocupación de uno de éstos conlleva a una pulverización deficiente y un posible fracaso en el control. A continuación se mencionan los aspectos más relevantes a considerar.

8.2.1. Condiciones atmosféricas

Las condiciones climáticas o ambientales al momento de realizar las aplicaciones son fundamentales en la efectividad del producto. Pulverizar con condiciones desfavorables, aumenta las pérdidas por evaporación, deriva y contaminación ambiental. Los principales factores ambientales son el viento, humedad relativa y temperatura. En situación de invernadero, el control de estos factores es más fácil que en aplicaciones al aire libre, sin embargo, la recomendación es realizar las aplicaciones temprano por la mañana y en mejor medida por las tardes, cuando la temperatura haya disminuido y la humedad relativa se encuentre en rangos aceptables (> 40% – < 80%).

8.2.2. Oportunidad de aplicación

La oportunidad se relaciona con momentos específicos del cultivo y plaga, como por ejemplo, el estado de desarrollo o estado fenológico del cultivo, la densidad poblacional de una plaga y su estado y/o estadios fenológicos más susceptibles o las condiciones climáticas para que una enfermedad se desarrolle y pueda ser controlada preventivamente.

Para el caso de las plagas insectos, ácaros y enfermedades, el monitoreo es una herramienta apropiada para la toma de decisiones. Por ello se hace necesario conocer bien el organismo a controlar, el estado y el umbral de daño económico según el cultivo, así como también, identificar sus enemigos naturales y la distribución de la plaga dentro del invernadero (Ripa y Larral, 2008).

8.2.3. Tipo de plaguicida y dosificación

Es esencial que en la elección del plaguicida se considere el cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs) y, por su puesto, que cuente con la autorización legal correspondiente para el cultivo y agente plaga que se desea controlar.

Las principales deficiencias respecto al plaguicida dicen relación con la dosificación, ya que erróneamente se piensa que a mayor dosis del producto, mayor es su eficacia, sin respetar las indicaciones de las etiquetas.

Cuando se sobrestiman los volúmenes de aplicación, se incrementan considerablemente las cantidades de plaguicida por hectárea (por nave o invernadero en este caso), ya que la mayoría de los plaguicidas utilizados en frutales y algunos cultivos hortícolas, presentan su dosificación expresada como concentración (g o cc/100 litros de agua = g o cc/hl).

8.2.4. Condición del cultivo y diseño del huerto

Para realizar una aplicación de plaguicidas en hortalizas de gran tamaño, como por ejemplo el tomate indeterminado producido en invernaderos, la regulación de un pulverizador debe considerar la condición del cultivo. Para obtener una mejor eficiencia, se debe comenzar con la determinación del volumen de aplicación correcto según las dimensiones de las plantas, densidad foliar, tipo de cultivo, tipo de maquinaria y el tipo de tratamiento a realizar.

El conocimiento de la condición del cultivo es fundamental para estimar el volumen de aplicación, por lo que, realizar una pulverización en un invernadero de lechugas es totalmente distinto a una realizada en tomate, y en este último cultivo, si las plantas presentan una altura de 0,5; 0,8 ó 1 m.

Una de las técnicas más utilizadas y sencillas para estimar el volumen de aplicación es el TRV (Tree Row Volume). Para ello, se debe considerar cada hilera de plantas como una caja rectangular, a la que se determina su volumen estableciendo la altura de la planta (ADP), el ancho de follaje (ADF) y la distancia entre las hileras (DEH), todas las dimensiones expresadas en metros (Figura 8.1).

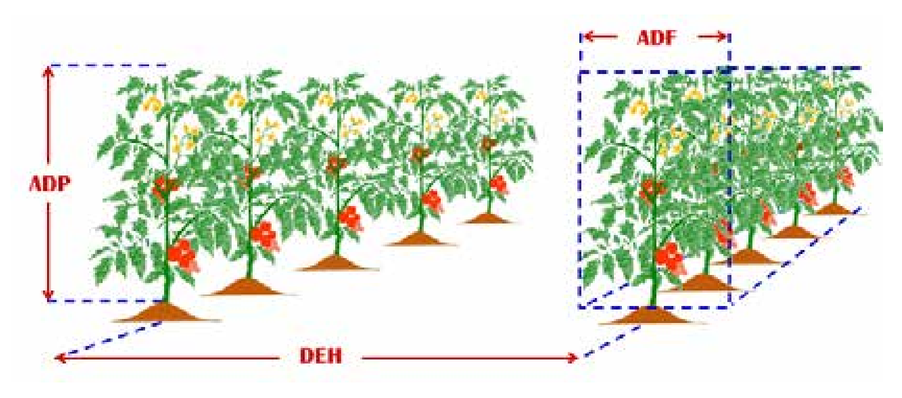


Figura 8.1: Esquema de las dimensiones de las plantas para la estimación de TRV (Fuente: elaboración propia basado en Hardi, 1993).

$$TRV = \frac{ADA \times ADC \times 10.000}{DEH}$$

Donde:

- TRV : volumen de vegetación o de follaje (m3/ha).
- ADP : altura de planta promedio (m).
- ADF : ancho de follaje promedio (m).
- DEH : distancia entre hileras (m).
- 10.000 : factor de conversión de unidades (expresado en m^2/ha).

Una vez determinado el volumen de vegetación (TRV) se debe ajustar el volumen de líquido o mezcla requerida según las características propias del cultivo como densidad foliar, tipo de tratamiento (fungicidas, insecticidas, fertilizantes foliares) y tipo de maquinaria (pulverizadores neumáticos, hidráulicos, etcétera).

En la **Tabla 8.1**, se presentan relaciones estándar entre dosis de aplicación y volumen de vegetación, comprendidos desde 10 hasta 120 litros por cada 1.000 metros cúbicos de vegetación. Para tomates en invernadero pulverizados con **equipos hidráulicos**, los volúmenes varían entre 70 hasta 90 L por cada 1000 m^3 de vegetación.

Volumen de pulverización	D (L/1.000 m^3 de vegetación)
Muy alto	120
Alto	100
Medio	70
Bajo	50
Muy bajo	30
Ultra bajo	10

Fuente: Shigueakiy colaboradores, 2011.

Tabla 8.1. Dosis de pulverización estándar de acuerdo al volumen de vegetación.

Por lo tanto, el volumen de aplicación por hectárea se obtiene:

$$VDA = \frac{TRV \times D}{1.000}$$

Donde:

- VDA : volumen de aplicación (L/ha).
- TRV : volumen de vegetación (m^3/ha).
- D : dosis a aplicar por cada 1.000 m^3 de vegetación (L) – (Ver Tabla 8.1).

Ejemplo: si se desea aplicar un insecticida para el control de mosquita blanca en tomate de invernadero, en plantas de 1,1 metros de altura; 0,55 metros de ancho de copa; y una distancia entre hileras de 1,5 metros, entonces:

$$TRV = \frac{1{,}1 \text{ m} \times 0{,}55 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}}{1{,}5 \text{ m}} = 4.033 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$VDA = \frac{4.033 \text{ m}^3/\text{ha} \times 70 \text{ (L)}}{1.000 \text{ m}^3} = 282 \text{ L/ha}$$

Para las condiciones propuestas, el volumen adecuado de aplicación sería de **282 L/ha**. Por lo tanto, en base a estas condiciones se debe regular el pulverizador, en lo que respecta principalmente a la elección de boquillas y presión de trabajo dentro de los rangos recomendados por la empresa fabricante.

8.2.5. Inspección y regulación de pulverizadores agrícolas

En nuestro país, la aplicación de plaguicidas en tomate de invernadero generalmente se realiza con pulverizadores hidráulicos de mochila (Figura 8.2) o pulverizadores hidráulicos con motor, independiente de tiro o tipo carretilla (Figura 8.3), estos últimos comúnmente conocidos como "pulverizadores de pitón".



Figura 8.2. Pulverizador hidráulico de mochila (Fuente: SOLO Chile).



Figura 8.3. Pulverizador hidráulico con motor independiente. (Izquierda) De tiro. (Derecha) Tipo carretilla. (Fuente: IMPAC - Chile).

Los pulverizadores hidráulicos de mochila (Figura 8.2) comúnmente conocidos como "bombas de espalda", son equipos diseñados para uso de herbicidas (control de malezas) en distintos cultivos hortícolas y frutales, sin embargo, su utilización se ha diversificado y, en algunos casos con resultados no muy eficaces. Este tipo de pulverizadores (hidráulicos) forman las gotas por presión de líquido a la salida de una boquilla con orificio calibrado, el transporte de las gotas hasta el follaje, depende solamente de la energía que reciben una vez formadas, por lo tanto, los equipos de mochila poseen baja capacidad de penetración de gotas al trabajar con presiones bajas entre 1 a 4 bar (14,5 a 58 PSI).

Los pulverizadores hidráulicos de pitón (Figura 8.3), al igual que los hidráulicos de mochila, forman gotas por presión de líquido, pero al trabajar con un motor independiente a combustible, estos equipos pueden trabajar a una presión mucho mayor y mejorar la capacidad de penetración en plantas con un nivel de follaje moderado.

Para mejorar la penetración de gotas al interior del follaje tanto en frutales como en hortalizas, se recomienda el uso de pulverizadores con asistencia de aire, ayudando al movimiento de hojas y así las gotas pueden entrar y cubrir de mejor forma todas las partes de la planta.

Una alternativa para invernaderos sería un pulverizador neumático de mochila, no obstante, estos equipos podrían presentar inconvenientes como incomodidad de manejo de la lanza de pulverización cuando las hileras son estrechas, enganche de la estructura del equipo con sujetadores del cultivo (tutores por ejemplo), contaminación al interior de invernaderos cuando se produce mala combustión en el motor, daño de plásticos al contacto con el motor a alta temperatura y contaminación de cultivos con plaguicida cuando se tiene un invernadero con más de una especie vegetal.

Por lo anterior, se recomienda en invernadero y para cultivo de tomates, el uso de pulverizadores hidráulicos con motor independiente, trabajando con boquillas de cono vacío de bajo caudal (1 a 1,4 L/min a 10 bar) y presiones de trabajo desde 4 hasta 14 bar. El uso de pulverizadores hidráulicos de mochila quedaría restringido sólo a estados juveniles de las plantas, trabajando con una boquilla de cono vacío que a una presión de 4 bar, entregue un caudal entre 0,6 a 1 L/min.

En la Figura 8.4, se muestra una boquilla de cono vacío de una marca y modelo determinado. Sin embargo, sólo es referencial. No obliga al uso exclusivo de ella, pudiendo utilizar otras marcas, respetando el tipo de cono, los caudales y presión recomendados.

La condición y regulación de los pulverizadores es fundamental para obtener aplicaciones eficaces de plagas y enfermedades. Las pérdidas de producto por equipos en mal estado, sin regulación y por mal uso de ellos, pueden superar el 50% del volumen aplicado en lugares abiertos y un 20% o más en lugares cerrados. Por ello, la mantención y regulación de los equipos de pulverización son las principales vías para mejorar la eficiencia y reducir el uso de plaguicidas en la agricultura.



Figura 8.4. Boquilla de cono vacío Albuz ATR 80° (Fuente: ALBUZ).

8.2.5.1. Inspección de pulverizadores

La inspección de pulverizadores busca principalmente que todos los elementos del equipo funcionen en forma correcta. De este modo, se podrá mejorar la eficiencia de las aplicaciones, reducir la contaminación ambiental y proteger al operador de accidentes, exposición a los productos y eventual intoxicación.

I. Mejoramiento de la eficacia de la pulverización a través de la inspección. Uno de los aspectos más relevantes de la inspección de pulverizadores es mejorar los resultados de control con el volumen y cubrimiento adecuado. Para ello, se debe considerar una serie de aspectos en el pulverizador (Ver Cuadro 8.1).

Elemento	Condición ideal
Bomba hidráulica	- Flujo continuo de líquido y con caudal suficiente para el sistema de agitación.
Motor	- Cambios de aceite al día. - Correas bien ajustadas con la bomba.
Manómetro	- En funcionamiento, aguja en posición cero (0) cuando el equipo no está en uso. - Rango de graduación de 0 a 25 bar. - Visible por el operador (en lo posible ubicar un manómetro en el extremo distal de la manguera).
Filtros	- Sin roturas. Limpios. Graduación según ubicación en el equipo (Mesh).
Comando de regulación	- Regulador de presión en funcionamiento y con facilidad de regular con precisión cada un bar de presión.
Agitador	- Tamaño suficiente para el volumen del estanque. - Agitación constante durante toda la aplicación.
Boquillas	- Número de acuerdo al tamaño de las plantas (de 1 a 3 boquillas). - De cono vacío. - Diferencia de caudal no debe ser superior o inferior en un 15% de lo indica el catálogo.

Cuadro 8.1. Elementos a considerar en un pulverizador hidráulico, para mejorar la calidad de aplicación.

II. Disminución de la contaminación ambiental a través de la inspección. Uno de los aspectos más importantes a considerar en la inspección obligatoria que actualmente rige en gran parte de Europa es reducir la contaminación medioambiental, para ello, impidiendo fugas de producto en el circuito hidráulico principalmente. En el Cuadro 8.2, se mencionan aquellos elementos a considerar para evitar la contaminación del medio ambiente.

Elemento	Condición ideal
Motor	- Sin fugas de aceite y/o combustible. - Mantención de cambios de aceites de acuerdo al número de horas.
Estanque y circuito hidráulico del pulverizador	- Sin fugas de líquido. - Unión de mangueras con abrazaderas (no usar alambres, gomas u otro material no apropiado).

Tapón de vaciado	- Funcional y accesible.
Boquillas	- De caudal ajustado según tratamiento.

Cuadro 8.2. Elementos a considerar en un pulverizador hidráulico, para disminuir la contaminación medio ambiental.

III. Disminuir riesgo de accidentes del operador a través de la inspección. La despreocupación de la seguridad en maquinarias y equipos agrícolas no sólo provoca accidentes laborales al o los operadores, sino también intoxicaciones a causa de pulverizadores en mal estado o que no cumplan con los requisitos básicos de seguridad. En el Cuadro 8.3, se mencionan los aspectos más importantes a considerar para evitar accidentes e intoxicaciones en labores de pulverización.

Elemento	Condición ideal
Estanque y circuito hidráulico del pulverizador	- Sin fugas de líquido, ni derrames. - Visor externo en buen estado para observar contenido de líquido. - Mangueras resistentes de alta presión y bien unidas con abrazaderas.
Estanque agua limpia	- Disponer de un estanque de agua limpia con al menos 10 litros, con dispensador funcional y adherido al estanque principal para el lavado de manos del operador.

Cuadro 8.3. Elementos a considerar en un pulverizador hidráulico, para disminuir los riesgos de accidentes e intoxicación de operadores agrícolas.

8.2.5.2. Regulación de pulverizadores

La regulación de pulverizadores busca principalmente que los parámetros de la maquinaria se encuentren regulados para ajustar el volumen de aplicación determinado según TRV y aplicar la misma cantidad de plaguicida de manera uniforme y con buen cubrimiento en todo el huerto.

Los parámetros a regular en un pulverizador hidráulico, con motor independiente para mejorar la eficacia de control, se mencionan en el siguiente cuadro:

Regulación	Condición óptima (*)
Velocidad de avance del operador	- De acuerdo al tamaño de las plantas, observando a través de papeles hidrosensibles un cubrimiento adecuado en todas las partes de la planta.
Presión de trabajo	- Las boquillas funcionan bien en un rango de 4 a 14 bar (58 a 200 PSI = Libras/pulgada^2).
Boquillas	- Se recomienda el uso de boquillas de cono vacío. - Caudales entre 1 L/min a 1,4 L/min a una presión de 10 bar. - La cantidad y tamaño dependerá de la condición del cultivo una boquilla por cada 50 cm de altura de planta (en caso de utilizar barras verticales).
(*) La condición ideal del uso de la maquinaria, dependerá de las condiciones propias de cada huerto, pudiendo variar de acuerdo al terreno y específicamente al diseño del cultivo (tamaño de plantas, formación, densidad foliar, etcétera).	

Cuadro 8.4. Regulaciones que se deben considerar en un pulverizador hidráulico para mejorar la eficacia de la pulverización en cultivos de tomates en invernadero.

I. Regulación de pulverizadores hidráulicos para uso en invernaderos. Por lo general, cuando se pulveriza plantas de gran tamaño con pulverizadores hidráulicos, la velocidad suele ser variable durante la aplicación. Por ello, para determinar el volumen de aplicación de un equipo, se deben seguir los siguientes pasos:

a) Regular la presión adecuada en el pulverizador.
b) Determinar el caudal de la o las boquillas a la presión definida.
c) Medir una hilera del cultivo o parte de ella (al menos 20 metros).
d) Medir la distancia entre las hileras.
e) Determinar el tiempo que demora el operador en pulverizar la hilera por ambos lados.

Considerando lo anterior, utilizar la siguiente ecuación:

$$VDA = \frac{q \ \times \ t \ \times 167}{DEH \times LH}$$

Donde:
- VDA : volumen de aplicación (L/ha).
- q : caudal total de la o las boquillas (L/min).
- t : tiempo utilizado por el operador en pulverizar la hilera (s).

- DEH : distancia entre hileras (m).
- LH : largo de la hilera definida (m).

Ejemplo: si se utiliza un pulverizador hidráulico de motor independiente, con una barra de pulverización con dos boquillas de cono vacío, las boquillas (medidas en la práctica) presentan un caudal (q) de 0,6 y 0,62 L/min; la distancia entre las hileras (DEH) es de 1,5 m; la hilera definida tiene un largo de 30 m; y el operador demora un tiempo de 63 s en pulverizar la hilera por ambos lados. Entonces:

$$VDA = \frac{1{,}22\ (L/min)\ \times\ 63\ (s)\ \times\ 167}{1{,}5\ (m) \times 30\ (m)} = 285\ L/ha$$

El volumen de aplicación obtenido es de 285 L/ha. Este volumen debe ser comparado con el determinado a través del TRV y luego revisar los papeles hidrosensibles colocados en el follaje cuando el operador realizó la labor de pulverización.

II. Comprobación de la calidad de aplicación. Una vez regulado el pulverizador en forma práctica y, de acuerdo al TRV, se debe realizar la comprobación de la pulverización en terreno, por lo que, un buen cubrimiento no implica observar “goteo” o “chorreo” en el follaje, ya que esta condición sólo genera contaminación y un gasto excesivo de agua, producto, tiempo de aplicación y combustible, entre otros.

    La comprobación de la calidad de una pulverización en terreno, tiene estrecha relación con el tamaño y número de gotas aplicadas uniformemente en toda la planta y en todo el huerto. Esto efectivamente es denominado “cubrimiento”. Para determinar el cubrimiento de una aplicación se deben utilizar papeles hidrosensibles, que son de color amarillo y se tiñen de azul al contacto con las gotas de la pulverización (Figura 8.5). La cantidad de gotas y su tamaño obedece exclusivamente al tipo de tratamiento (fungicidas, insecticidas, fertilizantes foliares, herbicidas, etc.), no obstante, posterior a la aplicación, un papel que quede sin teñir indica deficiencia de la aplicación, un papel totalmente azul indica exceso y, un papel con muchas y pequeñas manchas de color azul indica una buena pulverización.



Figura 8.5. Uso de papeles hidrosensibles para comprobación de cubrimiento. (Izquierda) Pulverización deficiente. (Centro) Pulverización óptima. (Derecha) Pulverización excesiva.

Se recomienda colocar trozos de papel hidrosensible cuadrados de al menos 2,5 cm de lado. Éstos se deben "corchetear" o sostener con un clip a las hojas tanto por el haz como en el envés, y no necesariamente ambas caras de una misma hoja. Para este cultivo, es recomendable colocar dos trozos de papel por cada 30 cm de altura de planta.

En conclusión, una maquinaria en buen estado, bien regulada con volumen ajustado según TRV, aplicando un plaguicida adecuado con buenas condiciones climáticas, en el momento correcto y con buen cubrimiento comprobado con papeles hidrosensibles, son la clave para el éxito en el control de plagas y enfermedades en cualquier cultivo agrícola.

Bibliografía consultada

ALBUZ, 2016. Catálogo de boquillas de cono vacío ATR. (En línea). Disponible en: http://www.albuz-spray.com/es/category/arbori-viticulture. Consultado en agosto de 2016.

HARDI. 1993. Técnicas de atomización. Publicación Hardi 673705 – E – 93/4. 40 p.

IMPAC, 2016. Pulverizadores hidráulicos de tiro y carretilla. (En línea). Disponible en: http://www.impac.cl/index.php/maquinaria-agricola/carros-y-carretillas.html

RIPA, R.; LARRAL, P. 2008. Manejo de plagas en paltos y cítricos. Colección libros INIA N° 23, Chile. 399 p.

SHIGUEAKI, R.; TEXEIRA, M.M.; BATISTA DE ALVERENGA, C. 2011. Volumen diferenciado. Máquinas - Cultivar. Julio 11, año X - N° 109. 8 - 10 pp.

SOLO-CHILE, 2016. Pulverizadores agrícolas. (En línea). Disponible en: http://www.solochile.cl/



Boletín INIA / N° 12
www.inia.cl